

Rapport intermédiaire

version définitive



Schéma d'Aménagement  
de Gestion des Eaux  
du bassin de l'Arve

Rapport intermédiaire  
**Version définitive**  
Novembre 2013

## ETUDE DES ZONES HUMIDES SUR LE SAGE DE L'ARVE

### PHASE 1: ETUDE DIACHRONIQUE



## Sommaire

<b>1.</b>	Description de la zone d'étude : les cas-types*	3
<b>1.1.</b>	Un travail basé sur des échantillons	3
<b>1.2.</b>	Les cas-types*	3
<b>2.</b>	Période d'étude : l'approche diachronique	6
<b>3.</b>	Analyse cartographique et photo-interprétation*	7
<b>3.1.</b>	Les outils mobilisés pour l'analyse cartographique	7
<b>3.2.</b>	Méthode de délimitation des enveloppes des Zones Potentiellement Humides (ZPH)	7
<b>3.3.</b>	Méthode d'extraction de l'évolution des zones potentiellement humides (ZPH)	9
<b>3.4.</b>	Principales limites de l'exercice	9
<b>3.5.</b>	Résultats de la digitalisation*	10
<b>4.</b>	Analyse de l'évolution des zones potentiellement humides	12
<b>4.1.</b>	Méthode d'analyse	12
<b>4.2.</b>	Résultats	13
<b>5.</b>	L'extrapolation à l'ensemble du territoire du SAGE	19
<b>6.</b>	Synthèse	22
<b>7.</b>	Glossaire	23
<b>8.</b>	Annexes	24
<b>8.1.</b>	Annexe 1 : Justification du choix des outils et des traitements	24
<b>8.2.</b>	Annexe 2 : Discussion sur les limites d'une analyse cartographique sur cette thématique	29
<b>8.3.</b>	Annexe 3 : Résultats de la digitalisation*	31
<b>8.4.</b>	Annexe 4 : Liste et résultats des indicateurs utilisés	32
<b>8.5.</b>	Annexe 5 : Résultats bibliographiques de l'évolution des zones humides sur différents territoire	41

## Préambule et clef de lecture

Objectif de l'étude diachronique : mettre en évidence des **tendances** sur l'évolution passée des zones humides sur le territoire du SAGE de l'Arve.

Au regard de la difficulté de l'exercice, cette étude n'a pas pour ambition de brosser un diagnostic précis et exhaustif de l'évolution des zones humides sur le territoire du SAGE de l'Arve. La notion de **potentialité** est inhérente aux résultats présentés et les limites induites par le sujet, ainsi que par la méthode utilisée (cf. § 3.4), doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats.

**Une valeur chiffrée** n'a pas grande importance seule, l'intérêt de l'étude réside principalement dans la **comparaison de différents contextes**.

Les **conclusions** présentées dans cette étude ne sont pas des constats au sens propre, mais plutôt des **tendances** permettant d'**apporter des informations** sur la **dynamique** des zones humides.

Par ailleurs, la lecture de cette étude doit s'inscrire **comme un complément de l'ensemble des travaux réalisés** sur les **zones humides** sur le territoire du SAGE de l'Arve ; les conclusions de cette étude ne doivent pas être isolées de l'ensemble de la démarche mise en place.

## 1. Description de la zone d'étude : les cas-types\*<sup>1</sup>

### 1.1. Un travail basé sur des échantillons

La méthodologie employée pour l'étude diachronique de l'évolution des zones humides du SAGE repose principalement sur la photo-interprétation\* (cf. § 2). Ce type de travail se révèle chronophage et l'analyse de l'ensemble du territoire du SAGE (2 164 km<sup>2</sup>) n'est pas concevable dans le cadre du marché. Par conséquent l'analyse s'est basée sur des échantillons représentatifs des différents contextes présents sur le SAGE, les cas-types\*. Au total, 200 km<sup>2</sup> ont été étudiés sur l'ensemble du territoire SAGE.

### 1.2. Les cas-types\*

#### 1.2.1. Choix des contextes à étudier

Au regard de la richesse des contextes du territoire du SAGE de l'Arve, quatre types de secteurs, propices à une étude diachronique sur les zones humides, ont été identifiés et étudiés sous la forme de **cas-types\***. Le postulat de base de cette approche par cas-type repose donc sur l'hypothèse que les zones humides évoluent de la même manière dans un ou plusieurs territoires considérés comme homogènes.

Le choix des types de territoire à étudier s'est basé sur le principal objectif de cette première phase : estimer l'évolution des zones humides ; ce choix s'est donc concentré sur des territoires où les zones humides ont évolué au cours des dernières décennies. Ainsi, quatre grands types de contextes ont été identifiés :

<sup>1</sup> Les mots suivis d'un \* sont présentés dans le glossaire (cf. § 7)

- Les secteurs de type « *Urbanisme diffus dynamique* » ;
- Les secteurs de type « *Urbanisme diffus peu dynamique* » ;
- Les secteurs de type « *Moyenne montagne* » ;
- Les secteurs de type « *Stations de ski* ».

N'ont donc pas été étudiés, les secteurs de type « *Urbanisme dense* », où les zones humides sont très peu présentes, mais également les secteurs de type « *Urbanisation quasi-absente* », où l'évolution des zones humides doit rester très marginale.

### 1.2.2. Choix de l'emplacement géographiques des secteurs à étudier

Une fois le choix des cas-types\* à étudier arrêté, leur emplacement géographique a été défini au regard des caractéristiques du territoire (occupation des sols, histoire récente du territoire, activité socio-économiques, domaines skiables), de l'inventaire actuelle des zones humides et également sur la connaissance des membres du comité technique et les objectifs affichés par le SM3A.

Plusieurs conditions et/ou règles pour l'identification des secteurs ont été appliquées.

Une attention toute particulière a été apportée au choix des cas-types\* pour choisir des secteurs les plus représentatifs possibles.

La même attention a concerné l'homogénéité des secteurs identifiés ; les « transects altitudinaux » ont été autant que possible évités.

Pour limiter les risques de biais, ont été pris en compte des éléments de contexte pour replacer l'analyse dans son environnement. En cas de biais identifié (urbanisation importante suite à l'installation de grand entrepôt ou d'échangeur routier, etc.), les surfaces liées à la problématique ont été retirées de l'analyse.

Chaque cas-types\* fait au total 50 km<sup>2</sup>, mais n'est pas obligatoirement d'un seul tenant et peut être scindé en plusieurs entités pour éviter les limites communales et rester sur des secteurs homogènes. Mais chaque entité ne peut pas être inférieure à 10 km<sup>2</sup> pour des raisons de représentativité.

Ainsi, pour les quatre cas-types\* identifiés, 12 sous-secteurs ont été sélectionnés et étudiés :

- Cas-type « *Urbanisme diffus dynamique* » (2 sous-secteurs) :
  - Cranves-Sales, Juvigny, Vertraz-Monthoux, Bonne, Saint-Cergues...
  - Saint-Julien-en-Genevois, Archamps...
- Cas-type « *Urbanisme diffus peu dynamique* » (3 sous-secteurs) :
  - Arenthon...
  - Savigny, Digny-en-Vuache, Jonzier-Epagny, Chênex...
  - Vallée du Giffre entre Samoëns et Morillon
- Cas-type « *Moyenne montagne* » (3 sous-secteurs) :
  - Habère-Poche, Habère-Lullin...
  - Le Grand-Bornand (hors domaine skiable)...
  - Cambloux, Domancy, Sallanches...
- Cas-type « *Stations de ski* » (4 sous-secteurs) :
  - Morillon, Samoëns...
  - Flaine...
  - St-Nicolas de Véroce...
  - Les Gets...



## 2. Période d'étude : l'approche diachronique

Une approche diachronique portant sur la dynamique d'un territoire présente deux périodes d'étude : l'une « optimale », ciblant la meilleure période temporelle pour étudier le phénomène, et l'autre « réalisable », ajustant la première aux données homogènes disponibles et adaptées à la problématique.

### 2.1.1. Période pour une analyse optimale

Afin d'étudier l'ensemble des facteurs concernés dans la disparition, la diminution et la dégradation des zones humides, une période d'étude recouvrant les étapes les plus importantes du développement du territoire du SAGE de l'Arve serait optimale.

Dans un premier temps, il semble qu'un état des lieux basé sur des clichés du début des années 1970 permette une première base intéressante pour étudier l'artificialisation (agricole et industrielle) de la vallée et son impact sur les zones humides. Pour autant, des photographies aériennes datant des années 1970 ne garantissent pas une analyse précise ; en effet, leur qualité peut être assez faible au regard des clichés plus récents ; l'absence d'orthorectification\* induit des biais assez importants dans les secteurs de montagne mais surtout les campagnes de prises de vue en couleur sont anecdotiques à cette période. L'absence de couleurs reste un facteur très limitant pour l'identification des zones humides (cf. § 8.1.1).

La comparaison entre uniquement deux dates implique que les phénomènes observés doivent être constants au cours du temps pour être évalués correctement. Dans un contexte en constante évolution, l'analyse d'une date supplémentaire permet de prendre en compte les dynamiques et les changements des facteurs en cause dans l'évolution des zones humides au cours du temps. Ainsi, une série de photographies au cours des années 1990 ou 2000 doit permettre la mise en place de certains indicateurs tendanciels (cf. § 8.4.4). Par ailleurs, cette période permet également d'analyser l'impact de la prise en compte environnementale de la fin des années 1990/début des années 2000.

### 2.1.2. Période réalisable en fonction de la disponibilité des données

L'approche diachronique sur la base de données de 1970 à 2008 n'est malheureusement pas réalisable avec les données disponibles. Le facteur le plus contraignant est l'absence de campagnes couleurs.

L'institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) est aujourd'hui l'acteur principal de la diffusion de données spatialisées sur le territoire français. Depuis 1986, des campagnes photographiques couleurs sont réalisées plus massivement et la première couvrant l'ensemble du territoire du SAGE de l'Arve date de 1993.

La date est trop récente pour évaluer l'impact de l'urbanisation de la vallée de l'Arve mais permet de brosser un état des lieux de l'évolution des zones humides durant les quinze dernières années. Donc, au total, ce sont trois séries de photographies aériennes qui ont été étudiées sur les cas-type définis précédemment :

- **1993** : Etat initial (du moins le plus ancien disponible)
- **1998** : Point intermédiaire
- **2008** : Etat actuel (du moins le plus récent disponible)

### 3. Analyse cartographique et photo-interprétation\*

Le but de la photo-interprétation\* est de produire une enveloppe de référence\* homogène et cohérente sur l'ensemble du territoire de l'étude. Ce travail s'effectue à l'aide d'outils de détection intégrant les critères suivants : sols, hydrologie et végétation. Cette enveloppe de référence\* délimite et caractérise les secteurs « de très forte probabilité de présence » de zones humides. Ce niveau d'analyse correspond à l'étape « pré-inventaire » d'un inventaire au sens strict sur les zones humides. La seule exception notable réside naturellement dans l'étude de plusieurs dates, et donc la délimitation des enveloppes de référence s'est concentrée plus qu'à l'accoutumé sur les orthophotographies pour visualiser notamment les changements d'occupation du sol au cours du temps.

#### 3.1. Les outils mobilisés pour l'analyse cartographique

Un panel d'outils mobilisables sous SIG et utilisables dans la caractérisation du caractère humide des milieux naturels ont permis l'identification et la délimitation des ZPH\*. En voici la liste, les justifications de la mobilisation de ces outils, leurs descriptions ainsi que les traitements utilisés pour les réaliser le cas échéant étant présentés en annexe 1 (§ 8.1).

- Inventaire départemental des zones humides sur le territoire du SAGE
- Scan 25
- Orthophotographies
- Modèle Numérique de Terrain (MNT)
- Zones dépressionnaires
- Carte des pentes
- Courbes de niveau
- Carte d'exposition des pentes
- Réseau hydrographiques
- Zones inondables
- Donnée du BRGM sur l'eau (aléa remontée de nappe)

#### 3.2. Méthode de délimitation des enveloppes des Zones Potentiellement Humides (ZPH)

La méthode a été réalisée sur chaque millésime d'orthophotographies à disposition, donc trois fois au total sur chaque cas-types\*.

##### 3.2.1. Le niveau de précision

L'échelle de délimitation des ZPH\* est de l'ordre du 1/5 000. Il n'a pas été défini de seuil de surface minimum des ZPH à délimiter. Pour autant, une surface minimum « structurale » existe, elle ne peut être définie précisément mais elle est due aux résolutions des outils cartographiques. En effet, il est difficile d'identifier les traces du caractère humide

d'un bout de territoire en dessous d'une dizaine de pixels ; la différence de grain, de couleur et de texture n'est pas assez « nette » sur des surfaces inférieures à 100 m<sup>2</sup>.

### 3.2.2. Approche

A une échelle plus grossière (environ 1/15 000<sup>ème</sup>), les couches « *remontée de nappe* », « *aléa inondation* » et les différentes cartes issues des traitements du MNT ont été consultées. **Ces informations ont permis d'identifier les secteurs les plus propices à l'accueil des zones humides sur le sous-secteur de travail.**

### 3.2.3. Tracé des contours (Figure 1)

La délimitation du contour de l'enveloppe de référence\* s'affranchit des limites des parcelles culturales. Elle s'est effectuée au 1/5 000. Elle s'est appuyée sur des « zooms avant », permettant une meilleure lecture de l'état de la végétation et/ou des sols lisible sur les outils cartographiques, ainsi que sur des « zooms arrière » permettant de prendre en compte la cohérence d'ensemble.

Le tracé a nécessité la visualisation simultanée et superposée des outils suivants :

- SCAN 25® IGN ;
- BD Ortho® ;
- Réseau hydrographique de la BD Carthage ;
- Courbes de niveau précises.

Le SCAN 25® fait apparaître les courbes de niveau (tous les cinq ou dix mètres), le réseau hydrographique, ainsi que l'occupation du sol de manière « grossière ». Les courbes de niveau permettent de distinguer les zones dépressionnaires et les fond de vallées au niveau des cours d'eau. Les courbes de niveau (tous les 5 mètres) du traitement du MNT ont également été superposées aux orthophotographies.

Le réseau hydrographique qui apparaît de différentes couleurs en fonction de la pente se superpose aux orthophotographies sans gêner leur lisibilité. Le SCAN 25 et les orthophotographies sont ouvertes dans le même document en transparence.

Une première délimitation a alors été effectuée sous SIG en se calant sur les courbes de niveaux et l'occupation du sol des orthophotographies des zones jugées potentiellement humides.

La délimitation du contour des ZPH\* s'est particulièrement appuyée sur les photographies aériennes. En effet, dans le cadre d'une étude diachronique comme celle-ci, la dynamique du territoire est perceptible principalement par l'évolution des modes d'occupation du sol, et non par l'évolution de la topographie ou encore de l'hydrographie (qui change peu ou pas en 15 ans). Comme les méthodes habituelles de pré-inventaires reposent principalement sur la topographie pour délimiter « l'enveloppe de référence\* », les principes appliqués ici ont été légèrement modifiés pour donner un poids plus important au grain et à la couleur des orthophotographies, afin de mieux mettre en avant l'évolution du territoire.

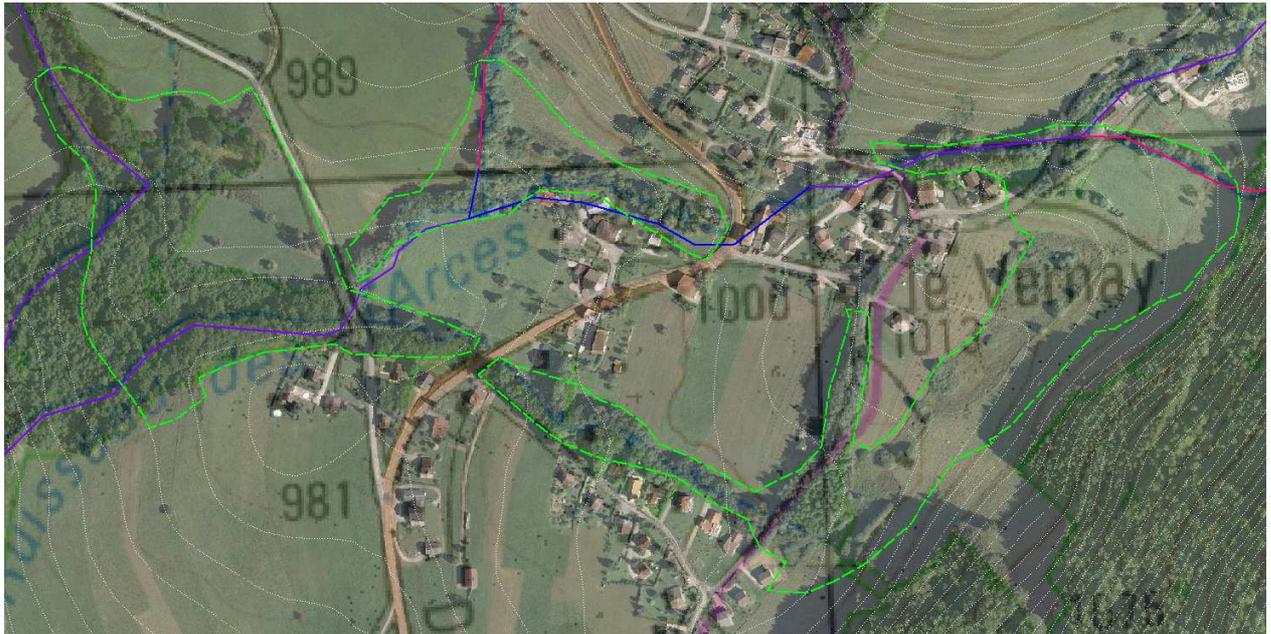


Figure 1 : Exemple de contour de ZPH en 2008

### 3.3. Méthode d'extraction de l'évolution des zones potentiellement humides (ZPH)

Par la suite, les enveloppes obtenues à trois périodes temporelles différentes ont été traitées afin de ne conserver dans une autre couche d'information que les portions de ZPH ayant évolué d'une période à l'autre.

C'est donc principalement à partir de ce matériau que l'évolution des Zones Potentiellement Humides a pu être caractérisée et mesurée.

### 3.4. Principales limites de l'exercice

Sans entrer dans des considérations trop techniques<sup>2</sup>, la méthode utilisée comporte plusieurs limites à prendre en compte avant de s'intéresser aux résultats.

La première repose simplement sur la photo-interprétation\*. La caractérisation à distance du caractère humide d'un milieu naturel n'est pas fiable. D'ordinaire, cette méthode est qualifiée de « *pré-inventaire* » et permet donc simplement de dégrossir la campagne terrain. En l'occurrence, l'aspect diachronique de l'étude exclut de facto toute campagne terrain. D'expérience, et sur un avis d'expert, environ 50 % des ZPH ne se révèlent pas humides après une prospection terrain, et environ 20 à 30 % des zones humides avérées ne sont pas comprises dans des ZPH. Donc l'analyse porte bien sur l'évolution des « enveloppes » de « Zones Potentiellement Humides » et non sur l'évolution des zones humides au sens strict.

Une autre limite repose sur la période d'étude. En effet, comme expliqué ci-dessus (cf. § 2.1.1), les données couvrent une période assez courte pour analyser avec fiabilité et

<sup>2</sup> Les limites d'ordre technique sont présentées en annexe (cf. §8.2)

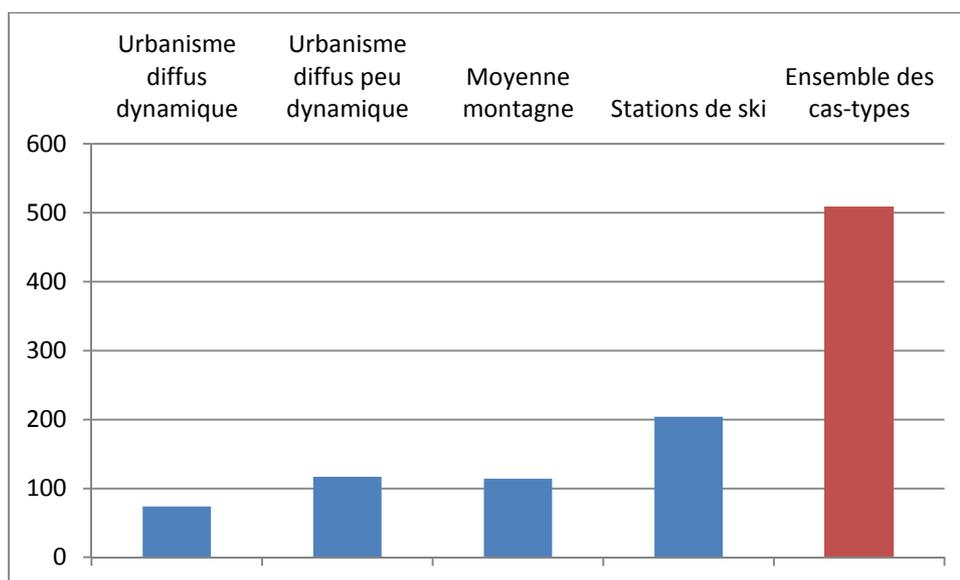
robustesse l'évolution des milieux d'un territoire. En effet, il se peut que les évènements observés soient plus « *ponctuels* » que réellement « *tendanciels* ». L'analyse des résultats peut donc refléter d'avantage l'existence de tels ou tels projets (ayant détruit des zones humides) qu'une véritable tendance à la destruction sur le territoire observé.

Enfin, la surface échantillonnée (moins de 10% du SAGE) souligne encore plus la possibilité d'observer des évènements « *ponctuels* ». Pour autant, un soin particulier a été apporté par l'équipe d'étude, les membres du comité technique et du comité de pilotage pour choisir et adapter au mieux les sous-secteurs d'études aux objectifs de la mission et aux caractéristiques du territoire.

### 3.5. Résultats de la digitalisation\*

La digitalisation\* a permis d'identifier 509 ZPH sur les 200 km<sup>2</sup> étudiés (cf. Graphique 1 : chiffres portant pour l'année 2008<sup>3</sup>). Elles s'étendent sur plus de 1 500 ha soit 7,55% de la zone d'étude (l'ensemble des cas-types\* sur le Graphique 2). L'analyse par cas-types\* souligne principalement deux tendances :

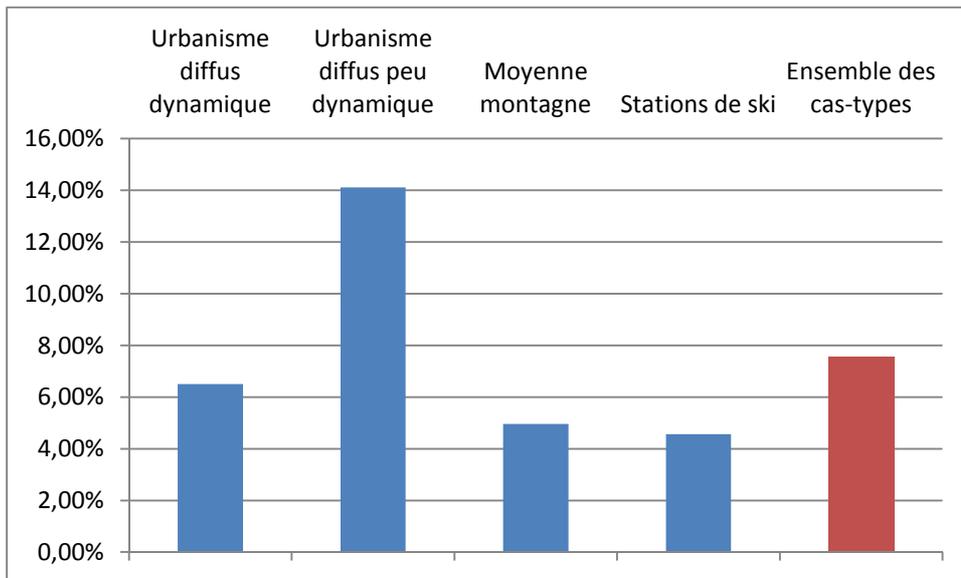
- la première met en avant un nombre de ZPH plus important dans les territoires de type « *stations de ski* », pour une part de territoire assez faible. Ceci peut s'expliquer notamment par les fortes pentes de ce type de paysage, induisant de fortes contraintes sur la taille des ZPH, qui sont donc plus dispersées que sur d'autres paysages moins accidentés.



Graphique 1 : Nombre de ZPH identifiés par cas-types\* pour l'année 2008

- La deuxième tendance est l'importante part de territoire occupée par les ZPH dans les territoires à l'« *urbanisme diffus peu dynamique* ». Ceci s'explique principalement par un biais induit par le sous-secteur d'Arenthon, où l'Arve et ses milieux associés occupent une place très importante dans la vallée.

<sup>3</sup> Le nombre avancé ici correspond à un instantané du territoire en 2008. Comme l'étude a porté sur trois périodes d'études, c'est un total de 1 557 ZPH qui ont été digitalisées. Les résultats détaillés pour les trois périodes d'étude sont présentés en annexe (cf. §8.3).



Graphique 2 : Part du territoire occupée par les ZPH, par cas-types\* pour l'année 2008

## 4. Analyse de l'évolution des zones potentiellement humides

### 4.1. Méthode d'analyse

#### 4.1.1. Deux échelles d'analyse

L'analyse de l'évolution des ZPH est réalisée selon deux approches différentes. L'objectif de cette démarche est d'approcher d'une part l'évolution des ZPH dans leur ensemble et d'autre part de cibler l'analyse par ZPH ayant évolué, pour caractériser la manière dont les ZPH disparaissent au cours du temps. Les deux échelles d'analyse sont :

- Analyse de l'évolution des ZPH sur tout le territoire
  - Objectif : Approcher l'intensité et les tendances du phénomène
- Analyse de l'évolution par ZPH ayant évolué
  - Objectif : Appréhender les caractéristiques et les causes de la réduction des ZPH

#### 4.1.2. La notion d'indicateur

L'analyse de l'évolution des ZPH s'est faite par la mise en place d'un « pool » d'indicateurs. En effet, afin d'étudier et de caractériser l'évolution d'un type d'élément du paysage dans le temps (surface bâtie, prairies, zones humides, etc.), l'utilisation de différents types d'indicateurs est un procédé régulièrement utilisé car il permet notamment une reproductibilité dans le temps de la méthode.

*« Un indicateur est une donnée simple que l'on sait quantifier de manière reproductible, rapide, avec un coût modéré et qui mesure, reflète, mais surtout synthétise un ensemble de phénomènes complexes, difficilement quantifiables souvent avec un long délai et un coût élevé » (Groupe de Travail « Biodiversité et Gestion Durable », 1998).*

Pour chaque phénomène complexe étudié, de nombreux indicateurs peuvent être fournis. Un « tri » doit ensuite être effectué afin de retenir un nombre cohérent mais suffisant d'indicateurs.

Généralement, un indicateur ne suffit pas pour décrire un phénomène ou une tendance. Il faut plutôt envisager plusieurs indicateurs qui, mis en parallèle, permettent de décrire ou d'expliquer le phénomène étudié ; on parle alors de « faisceau » d'indicateurs.

C'est précisément pour répondre à cette problématique que les résultats ne sont pas présentés directement sous la forme d'une liste d'indicateurs, mais plutôt synthétisés en fonction des grandes tendances identifiées lors de l'analyse.

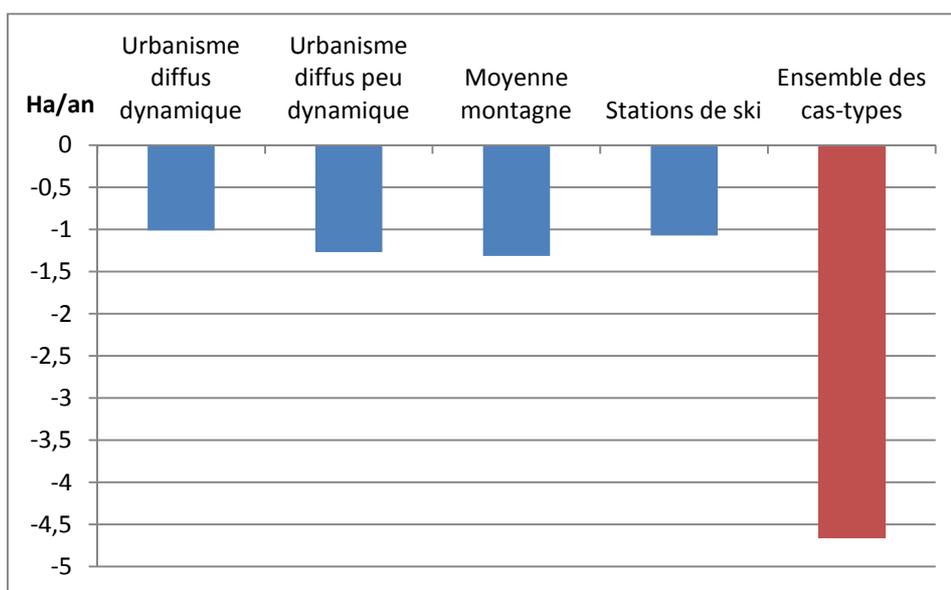
L'ensemble des indicateurs mobilisés ainsi que leurs résultats associés sont présentés en annexe (cf. § 8.4).

## 4.2. Résultats

### 4.2.1. Analyse générale de l'évolution des ZPH

#### Une réduction des ZPH équilibrée mais présente partout :

Sur les zones géographiques et les périodes étudiées, aucun des types de territoire n'est épargné par le phénomène de disparition des ZPH. Les ZPH des différents cas-types\* se réduisent d'environ 1 ha/an entre 1993 et 2008<sup>4</sup>. Pour autant, aucune tendance claire sur des territoires plus touchés que d'autres ne peut être mise en avant (cf. Graphique 3). Ceci s'explique certainement par la période d'étude ; en effet la période où le territoire semble avoir évolué avec le plus d'intensité est comprise entre la fin des années 1970 et le tout début des années 1990. Malheureusement, les données mobilisables n'ont pu permettre de couvrir cette période (cf. §2). En l'absence d'un dynamisme particulièrement marqué sur une partie du territoire, il est difficile de mettre en avant des tendances très nettes sur une période d'étude si courte.



Graphique 3 : Evolution des ZPH en hectare par année sur la période 1993/2008

Malgré le manque de tendance très nette, il apparaît que ce sont tout de même les cas-types\* « *Moyenne montagne* » et « *Urbanisme diffus peu dynamique* » qui semblent les plus concernés par le phénomène.

Sur l'ensemble du territoire étudié (200 km<sup>2</sup>), ce sont plus de 4.5 hectares par an qui ont disparu sur la période 1993/2008, ce qui représente 0.023 % du territoire (cf. annexe §8.4.2).

<sup>4</sup> Pour rappel, les cas-types\* sont d'une surface d'environ 50 km<sup>2</sup> (pour connaître la surface précise, se reporter au Tableau 3 situé en annexe § 8.3)

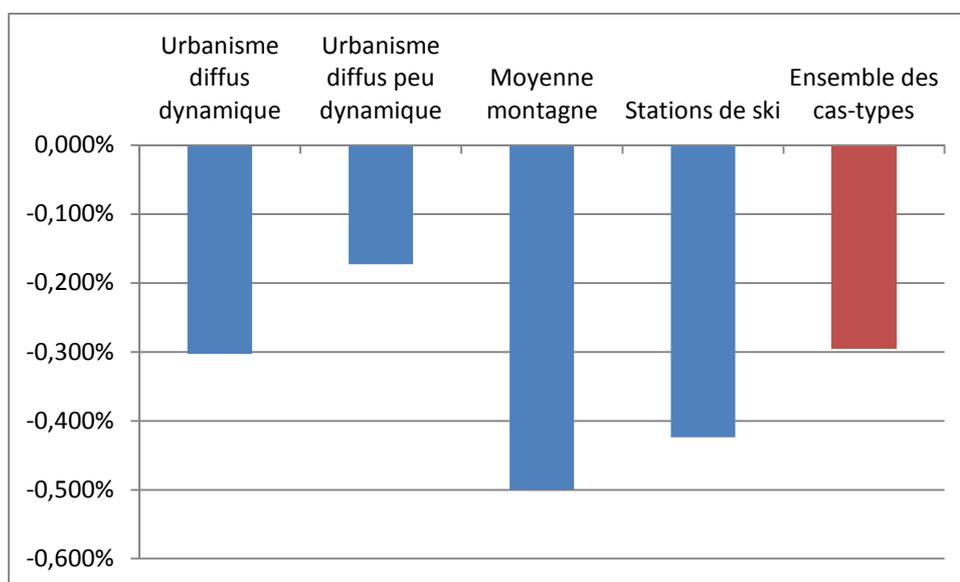
Ces informations ne permettent pas pour autant d'approcher l'intensité du phénomène, qui se mesure en % de ZPH disparue et qui donc est naturellement liée à la quantité de ZPH présente sur le territoire.

### **Une intensité plus importante dans les secteurs de montagne**

En étudiant l'évolution intrinsèque des ZPH, il apparaît des tendances plus marquées. Les territoires de montagne semblent voir une part plus importante de leur ZPH disparaître chaque année (cf. Graphique 4). Les cas-types\* « *Moyenne montagne* » et « *Stations de ski* » voient ainsi, respectivement, 0.5% et 0.42% de leurs ZPH disparaître chaque année entre 1993 et 2008 (soit 7.5% et 6.4% en 15 ans).

Le cas-type « *Urbanisme diffus peu dynamique* » perd une part beaucoup plus faible de ZPH chaque année (0.18%), ce qui s'explique notamment par la richesse de ce type de territoire en ZPH (cf. § 3.5).

Les paysages à l'« *Urbanisme diffus dynamique* » étudiés ont une évolution intrinsèque proche de la moyenne.



**Graphique 4 : Evolution intrinsèque des ZPH par an, sur la période 1993/2008**

Dans l'ensemble, ce sont donc près de 0.3% des ZPH qui ont disparu chaque année sur les territoires étudiés entre 1993 et 2008. Il est difficile de comparer cette estimation à un autre territoire que celui du SAGE de l'Arve. En effet, les études diachroniques sur les zones humides sont très rares, emploient de nombreuses méthodologies différentes (suivi de ZPH ou zones humides, enquêtes à dire d'experts, suivis de certaines zones humides caractéristiques et emblématiques, évolution de l'occupation des sols à grande échelle...) et ne portent pas obligatoirement sur des périodes d'études comparables (évolution de la législation, de l'image des zones humides, de la place de la biodiversité en générale ou encore de vitesse d'artificialisation des sols). Ainsi, les valeurs pouvant être extraites à l'échelle métropolitaine pour les zones humides intérieures sont trop variables (facteur 100) pour être comparées à celles obtenues dans cette étude (cf. annexe § 8.5).

## Une globale accélération du phénomène

Une date intermédiaire (1998) permet d'approcher la dynamique du phénomène. Ainsi, en comparant l'intensité du phénomène (cf. § précédent) des deux périodes disponibles (1993-1998 et 1998-2008), il est possible de mettre en évidence une accélération ou une décélération de la disparition des ZPH.

En l'occurrence, il apparaît (cf. annexe §8.4.4) que **la tendance générale est à l'augmentation du phénomène**, à l'exception des territoires de types « *Urbanisme diffus dynamique* », où la période 1998-2008 voit la part des ZPH disparues réduire en rapport avec 1993-1998.

Pour autant, l'indicateur utilisé pour cette appréciation de la dynamique du phénomène est soumis à de fortes limites (cf. annexe §8.4.4) et le retour d'expérience des membres du comité technique penche plutôt pour un constat inverse.

### 4.2.2. Analyse de l'évolution par ZPH ayant évolué

**N.B : Désormais, l'analyse se concentre uniquement sur les ZPH ayant évolué pendant la période d'étude. Les valeurs sont calculées en moyennant les phénomènes observés sur chaque ZPH.**

#### Le « grignotage » domine

Une approche pour caractériser la forme que peut prendre la disparition des ZPH est d'évaluer, pour chaque réduction, sa surface ainsi que la part que représente cette réduction sur la surface totale de la ZPH. De cette manière, il est possible de savoir si les ZPH disparaissent plutôt par petits bouts en périphérie, en d'autres termes par « *grignotage* », ou si elles sont plus globalement atteintes et disparaissent presque totalement, voire complètement.

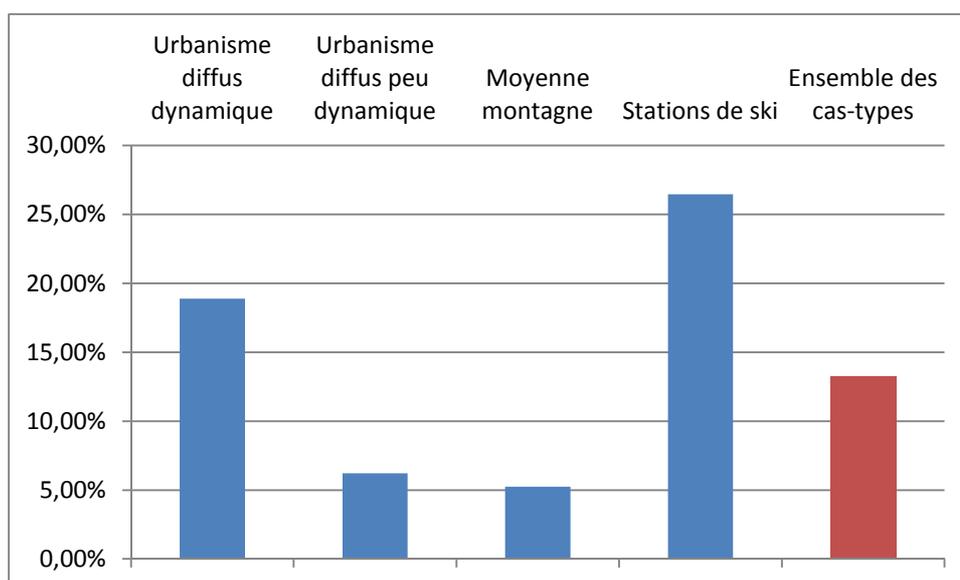
L'analyse de la surface des secteurs « *disparus* » de ZPH montre que le phénomène tient plus du « *grignotage* » que de la disparition totale. En premier lieu, la surface moyenne des secteurs « *disparus* » est assez faible car inférieure à 5 000 m<sup>2</sup> et seulement 10% des ZPH ayant évolué l'ont fait sur plus de un hectare (cf. annexe §8.4.5). En second lieu, ce « *grignotage* » consomme en moyenne 20 % de la surface totale de la ZPH. Ainsi, près de 80 % de la ZPH semblent conserver un caractère « *humide* ». Le grignotage semble tout de même moins marqué pour les paysages de type « *Stations de ski* » (part de ZPH restante à 32 %), phénomène induit d'une part par le type de projets concernés dans la réduction des ZPH (grands travaux d'aménagement) mais aussi tout simplement par la faible taille des ZPH de haute altitude.

Pour autant, l'impact de ce « *grignotage* » sur les zones humides ne doit pas être minoré. En effet, la perturbation d'une faible surface d'une zone humide peut induire des conséquences beaucoup plus importantes sur le fonctionnement de la zone humide concernée, voire même sur celui des autres zones pouvant y être associées.

### Une destruction totale des ZPH modérée

L'évaluation, au sein des ZPH ayant évolué, de la proportion de celles ayant totalement disparu permet d'estimer indirectement l'intensité des pressions exercées. En effet, il semble plus probable qu'une ZPH soit totalement détruite si les projets d'aménagements (agricoles ou urbains) sont importants, avec des enjeux forts pesant sur leur réalisation.

Bien que la tendance générale soit assez modérée, avec 14 % des ZPH totalement disparues, de fortes disparités sont observées entre les différents cas-types\*. En effet, les paysages de type « *Urbanisme diffus dynamique* » et « *Stations de ski* » sont beaucoup plus concernés par la disparition totale de ZPH que les deux autres cas-types\* moins dynamiques.



Graphique 5: Part des ZPH ayant totalement disparues au sein de celles ayant évoluées (1993-2008).

### Usage des ZPH disparues : une causalité au regard de la dynamique du territoire

L'analyse de l'usage fait des surfaces de ZPH disparues permet de broser un état des lieux des activités contribuant à la réduction des zones humides. Cet exercice comprend certaines limites qu'il est utile d'apprécier pour ne pas biaiser l'analyse. En premier lieu, « l'usage » du terrain est simplifié au mode d'occupation des sols. Or les typologies d'occupation des sols sont le plus souvent basées sur les caractéristiques physiques des milieux et non des usages. Ainsi, des éléments identifiés comme « naturels » peuvent en réalité avoir un usage agricole (les pâtures par exemple), floutant les limites entre les catégories d'occupation des sols.

De plus, cette occupation du sol est identifiée sur une photographie aérienne pouvant dater de plusieurs années après la disparition de la ZPH<sup>5</sup>, et pouvant donc ne pas refléter le premier mode d'occupation des sols ayant causé cette réduction.

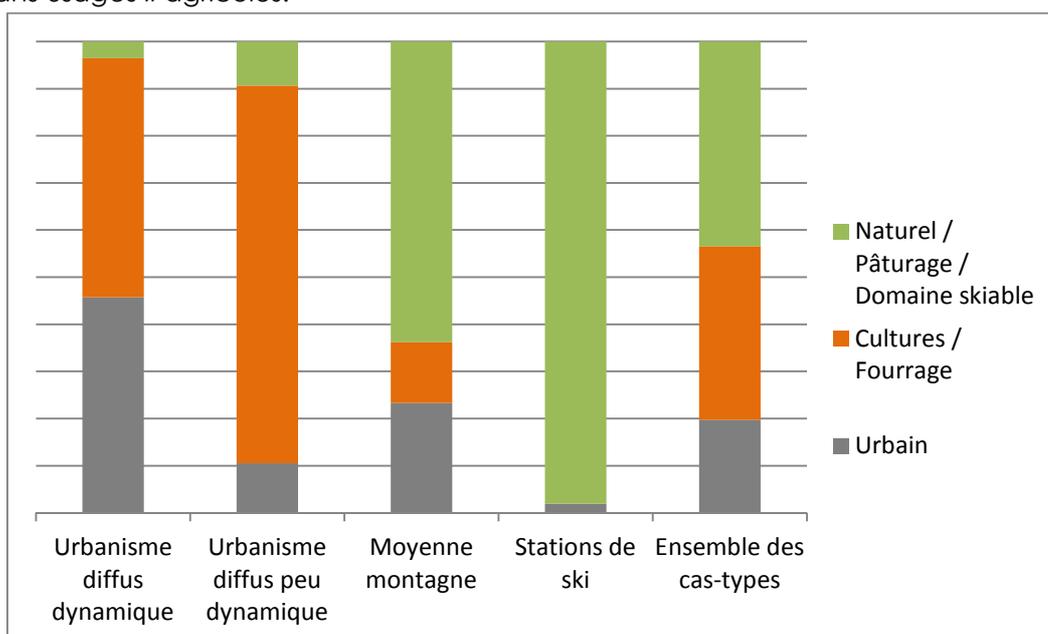
Par ailleurs, cette information « d'usage » simplifiée ne peut mettre en avant les phénomènes indirects de consommation foncière. En d'autres termes, elle ne reflète pas les pressions que peuvent subir les différents usages du territoire. L'avancée de l'artificialisation des sols sur les terres agricoles met ces dernières sous pression ; ceci

<sup>5</sup> Par exemple pour une ZPH ayant été réduite en 1999, le mode d'occupation des sols sera apprécié 9ans plus tard sur les photographies de 2008.

peut induire leur avancée sur le milieu naturel. Ce phénomène peut engendrer, par un effet qui est donc indirect, la disparition de ZPH.

Une fois ces limites appréciées, l'analyse du nouvel usage des secteurs ayant disparu met en avant une certaine corrélation entre ce nouvel usage et le type de paysage qui compose les cas-types\* (cf. Graphique 6). Les paysages de type « *Urbanisme diffus dynamique* » sont donc logiquement les secteurs où l'urbain occupe le plus de place (46% cf. annexe §8.4.8) dans les nouveaux usages d'anciennes ZPH. En observant la place qu'occupe l'urbain dans le paysage de ce cas-type (36 % cf. annexe §8.4.8), le rôle de l'extension urbaine dans la disparition des ZPH de ce type de paysage est particulièrement souligné.

Ce type de constat est d'autant plus marqué pour les espaces de cultures et de fourrages dans le cas-type « *Urbanisme diffus peu dynamique* ». En effet, la place occupée par les cultures et le fourrage dans le paysage du cas-type (33 % cf. annexe § 8.4.8) est très largement inférieure à celle qu'elles occupent dans les nouveaux usages des ZPH (80% cf. annexe § 8.4.8). Ce constat peut certainement s'expliquer par une mise sous pression des terres agricoles et par une modification des pratiques agricoles, conduisant à une réduction des prairies humides et à une disparition des espaces interstitiels, « sans usages » agricoles.



**Graphique 6 : Nouvel usage des secteurs de ZPH ayant disparus**

La part importante qu'occupent les espaces naturels/pâturage/domaine skiable dans le nouvel usage d'anciennes ZPH s'explique différemment en fonction des cas-types. Pour les stations de ski le phénomène est marqué par les aménagements en liens avec le domaine skiable. Les aménagements peuvent être des remodelages de terrain ou simplement du drainage dans les pentes. Ce type d'interventions « lourdes » induit de profondes perturbations du milieu et une réduction des zones potentiellement humides. Pour les autres cas-types l'activité agricole joue un rôle important dans cette catégorie (Naturel/Pâturage). En effet on mesure ici le flou qui règne entre les différentes catégo-

ries d'occupation des sols (*cf. supra*), car sont considérés dans cette catégorie des prairies temporaires, voir certaines zones de fourrage. Ces milieux sont perturbés car régulièrement retournés et ensemencés. Ces pratiques, ainsi que la réduction des ripisylves au profit des prairies, peuvent induire des perturbations sur le fonctionnement des zones humides et ainsi supprimer les indices permettant de définir le caractère humide du secteur.

Ainsi, au-delà de la place qu'occupe une classe d'occupation des sols dans les nouveaux usages des ZPH, le rapport entre cette valeur et la place qu'occupe cette classe d'occupation des sols dans le paysage du cas-type est encore plus révélatrice.

Ainsi, il apparaît que l'urbain occupe également un rôle prépondérant dans le cas-type « *Moyenne montagne* » (rapport de 1.24, *cf.* Tableau 1), alors que son rôle est assez mineur dans la disparition des ZPH dans le cas-type « *Urbanisme diffus peu dynamique* ».

Cas-types*	Ratio occupation des sols des ZPH disparues / occupation des sols du paysage des cas-types*		
	Urbain	Cultures / Fourrage	Naturel / Pâturage
<b>Urbanisme diffus dynamique</b>	<b>1.26</b>	<b>1.91</b>	0.09
<b>Urbanisme diffus peu dynamique</b>	0.72	<b>2.44</b>	0.18
<b>Moyenne montagne</b>	<b>1.24</b>	<b>3.90</b>	0.75
<b>Stations de ski</b>	0.34	0.00	<b>1.04</b>
<b>Ensemble des cas-types*</b>	<b>1.06</b>	<b>2.32</b>	0.65

Tableau 1 : Ratio occupation des sols des ZPH disparues / occupation des sols du paysage des cas-types\* (les valeurs en gras représentent les ratios supérieurs à 1).

#### 4.2.3. Analyse de la reconquête de certaines ZPH

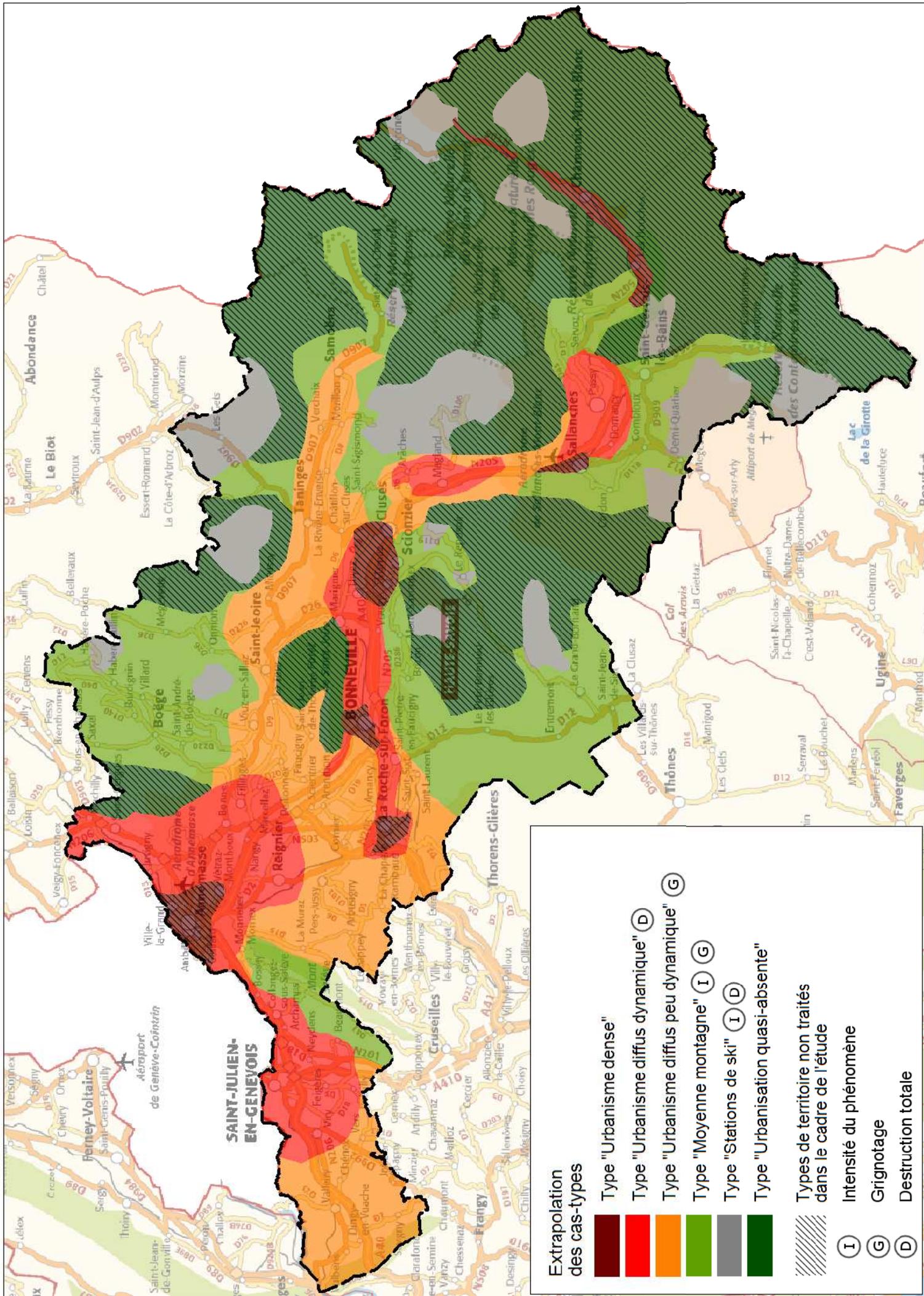
De manière assez ponctuelle, des ZPH « *nouvelles* » ont été observées sur le territoire de l'étude, environ 15 hectares de ZPH supplémentaires. Ces « *nouvelles* » ZPH ne le sont pas réellement, il s'agit davantage d'un retour du caractère humide. A plus de 70 %, ces « *nouvelles* » ZPH sont des gravières où l'exploitation s'est terminée durant la période d'étude. La réelle apparition de ZPH dans des secteurs visiblement non humides auparavant n'a pas été observée. En effet, une modification profonde du régime hydrologique peut induire l'apparition de zones humides dans des secteurs « *historiquement* » non hydromorphes. Ce phénomène de reconquête de zones humides devrait, en toute logique, s'amplifier au regard du développement des mesures compensatoires dans le cadre des projets d'aménagement. Dans la présente étude l'observation de « *nouvelles* » ZPH liées à des mesures compensatoires n'a pu être confirmée, ceci peut s'expliquer par la période d'étude et la méthode mise en œuvre, qui n'étaient pas très adaptées à la mesure de ce phénomène.

## 5. L'extrapolation à l'ensemble du territoire du SAGE

Afin de mieux appréhender l'ampleur du phénomène, une extrapolation des différents cas-types\* à l'ensemble du territoire du SAGE est réalisée.

Ainsi, chaque portion du territoire est caractérisée par l'un des cas-types\* défini en amont de l'étude (cf. § 1.2.1). Ce travail a été réalisé à « *dire d'experts* » sur la base de plusieurs critères, permettant de caractériser les différents cas-types\* :

- Connaissances des membres du comité technique ;
- Forme d'urbanisation (dense, diffuse, isolée...) ;
- Occupation des sols ;
- Evolution de l'occupation du territoire ;
- Altitude ;
- Unités paysagères ;
- Pente ;
- Zonages d'inventaires et de protections de la biodiversité ;
- Réseau hydrographique.



**Extrapolation des cas-types**

- Type "Urbanisme dense" (D)
- Type "Urbanisme diffus dynamique" (D)
- Type "Urbanisme diffus peu dynamique" (G)
- Type "Moyenne montagne" (I) (G)
- Type "Stations de ski" (I) (D)
- Type "Urbanisation quasi-absente"

Types de territoire non traités dans le cadre de l'étude

- Intensité du phénomène (I)
- Grignotage (G)
- Destruction totale (D)

Avec le territoire du SAGE ainsi défini, une estimation de la réduction des ZPH sur la période 1993/2008 peut être approchée (cf. Tableau 2). C'est la seule information pouvant être extraite de l'extrapolation puisque l'ensemble des autres indicateurs calculés sont relatifs et ne tiennent pas compte de la surface de la zone d'étude.

Cas-types*	Surface extrapolée à l'échelle du SAGE (ha)	Part du territoire du SAGE	Réduction estimée des ZPH entre 1993 et 2008 (ha /an)
Type "Urbanisme diffus dynamique"	24694	11.43%	-5.1
Type "Urbanisme diffus peu dynamique"	35513	16.43%	-8.9
Type "Moyenne montagne"	43668	20.21%	-11.7
Type "Stations de ski"	22331	10.33%	-4.6
<b>Ensemble des cas-types* traités</b>	<b>126205</b>	<b>58.41%</b>	<b>-30.3</b>
Type "Urbanisme dense"	5881	2.72%	N/A
Type "Urbanisation quasi-absente"	83996	38.87%	N/A
<b>Ensemble des cas-types* non traités</b>	<b>89877</b>	<b>41.59%</b>	<b>N/A</b>

**Tableau 2 : Résultats de l'extrapolation**

La première information à tirer de l'extrapolation est la place qu'occupent les cas-types\* non traités (urbanisme dense et urbanisation quasi-absente). Près de 42 % du territoire du SAGE n'entre donc pas dans le cadre de cette étude.

Le type de territoire étudié occupant le plus de place sur le SAGE est la moyenne montagne (20.21%), qui est également le type de territoire le plus intensément touché par le phénomène de réduction des ZPH. Au total, ce type de paysage regrouperait plus d'un tiers des ZPH ayant disparu sur la période 1993-2008.

A l'échelle du SAGE, la disparition des ZPH s'élèverait à plus de 30 hectares par an, entre 1993 et 2008. Cela représente plus de 450 hectares sur les 15 années de la période d'étude.

Si l'extrapolation est réalisée sur deux périodes avec la date intermédiaire (1998), la tendance montre effectivement une accélération du phénomène :

1993-1998 : 114 ha (soit 23 ha/an)

1998-2008 : 340 ha (soit 34 ha/an)

Comme expliqué précédemment, le fait d'avoir deux périodes d'études de longueurs différentes induit certainement un biais dans leur comparaison (ha/an).

## 6. Synthèse

Malgré l'ensemble des limites liées à ce type d'étude, de grandes tendances ont été mises en avant sur l'évolution des ZPH.

Globalement, le phénomène peut être considéré comme une addition de petites atteintes aux ZPH, individuellement réduites en surface et laissant intacte une grande partie de la ZPH.

Le phénomène est plus intense sur les secteurs de montagne, qui peuvent être soumis à une moindre planification territoriale, possible cause de cette intensité accrue.

Les secteurs de stations de ski présentent un phénomène moins dispersé dans l'espace, mais aussi moins mesuré que les autres cas-types\*.

Le « dynamisme » des secteurs étudiés ne semble pas influencer la réduction des ZPH, mais semble plutôt jouer un rôle sur le taux de destruction totale des ZPH.

La destruction de ZPH au profit de zones fourragère et de cultures semble occuper une place importante. Pour autant, cette tendance est à remettre dans un contexte plus global de pressions sur les terres agricoles et de changements locaux des pratiques. Le rôle de l'urbain est plus ambivalent car il peut soit participer très fortement à la réduction des ZPH (cas-types\* « *Urbanisme diffus dynamique* » et « *Moyenne montagne* ») soit y contribuer faiblement (cas-types\* « *Urbanisme diffus peu dynamique* » et « *Stations de ski* »), mais sans pour autant en être totalement déconnecté, en mettant d'autres terres sous-pression.

Afin de préciser le rôle des espaces agricoles et urbains dans la réduction des milieux humides, une étude sur la même période de l'évolution des surfaces urbanisées pourrait apporter des informations précieuses pour clarifier la causalité du phénomène.

Ces tendances à l'échelle du SAGE de l'Arve peuvent, dans la mesure du possible, être comparées à l'évolution plus générale des zones humides. Ainsi à l'échelle nationale, un rapport de 1994<sup>6</sup> a montré que sur le territoire métropolitain 50 % des zones humides ont disparu entre 1960 et 1990.

En comparaison, les tendances de l'étude sur le périmètre du SAGE extrapolées sur 30 ans donnent des valeurs bien moins impressionnantes : -8.6 % sur 30 ans pour la moyenne des cas-types, et -14% pour le cas-type moyenne montagne.

Pour autant cette comparaison est à prendre avec précaution, car les deux périodes d'études sont profondément différentes. Aujourd'hui, la législation environnementale et la prise en compte des zones humides dans l'évolution des territoires, contribuent largement à leur préservation.

---

<sup>6</sup> Les zones humides – Rapport d'évaluation, Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques – Premier Ministre – Commissariat général du Plan, La Documentation Française, 1994

## 7. Glossaire

**Cas-type** : Un cas-type est une partie de territoire représentative d'un contexte identifié et étudié.

**Digitalisation** : Action de mise sous support numérique d'une ou de plusieurs informations géographiques. Dans notre cas la digitalisation\* consiste en une représentation cartographique de Zones Potentiellement Humides (ZPH) à partir d'informations diverses (photographie, élévation...).

**Enveloppe de référence** : Entité géographique enveloppant de façon homogène et cohérente un ensemble « d'indices » révélant une forte probabilité de caractère humide.

**Orthorectification** : Cette opération vise principalement à corriger les déformations de la photographie liées aux lentilles optiques et aux effets du relief de l'objet photographié.

**Photo-interprétation** : Processus d'étude et de collecte d'information nécessaire à l'identification d'une thématique choisie, à partir de photographies aériennes.

**ZPH** : Zones potentiellement Humides. Correspondent à des secteurs présentant une forte probabilité de caractère humide. Elles sont constituées des enveloppes de référence délimitées, notamment, par photo-interprétation\*.

## 8. Annexes

### 8.1. Annexe 1 : Justification du choix des outils et des traitements

#### 8.1.1. Les fonds cartographiques

Le **SCAN 25® IGN** permet de distinguer les éléments du réseau hydrographique linéaire et surfacique (les cours d'eau pérennes et temporaires, les sources, les plans d'eau et étangs certaines mares) ; les courbes de niveau font apparaître les dépressions de la topographie pouvant former des cuvettes où l'eau peut s'accumuler.

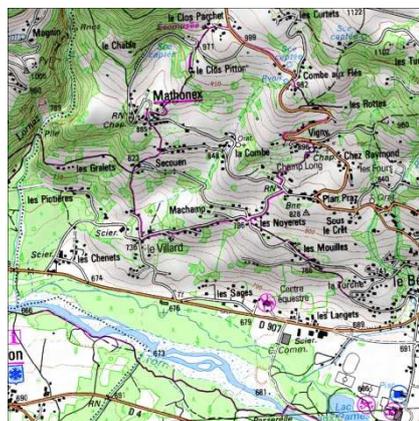


Figure 2 : Scan 25

Les **orthophotographies** sont des photographies aériennes dont les déformations liées au relief sont rectifiées et qui sont donc utilisables comme des cartes, tout en ayant la facilité de lecture et la richesse des informations d'une photographie.

L'échelle est adaptable avec une précision équivalente à 50 cm par pixel pour les orthophotographies utilisées au cours de cette étude. Elles permettent de déterminer l'occupation du sol avec précision. Grâce aux différences de couleur, de texture et de structure, il est possible de distinguer les prairies, les retenues d'eau, les cultures, les boisements et, dans certains cas, les plantations. Les zones humides apparaissent globalement plus foncées au niveau des prairies, les boisements alluviaux sont généralement plus clairs ou ponctués de tâches claires (saules, frênes...).

L'inconvénient est qu'elles ne font pas apparaître les cours d'eau de manière exhaustive (cours d'eau invisible sous boisement...) et fournissent peu d'information sur le relief.



Figure 3 : Orthophotographies de 1993, 1998 et 2008

Les orthophotographies de 1998 apparaissent d'une qualité inférieure aux deux autres mais permettent tout de même de vérifier l'historique de l'évolution des zones humides.

### 8.1.2. Les données géomorphologiques

Les données géomorphologiques sont une contribution essentielle à la compréhension du fonctionnement des milieux humides. La simple représentation en trois dimensions qu'offre un **Modèle Numérique de Terrain (MNT)**<sup>7</sup> constitue l'un des éléments essentiels pour orienter, fiabiliser et rentabiliser la recherche des enveloppes de terrain susceptibles de contenir des zones humides. Ainsi, dans un contexte où le repérage des zones humides est rendu difficile, la constitution d'informations géographiques adaptées à la mise en évidence des secteurs déprimés et des contextes de pentes faibles est particulièrement appréciable et crédible.

#### Zones dépressionnaires

Ces secteurs, potentiellement favorables à l'accumulation d'eau, peuvent être mis en évidence par un traitement géomatique simple. Ce dernier consiste à simuler un écoulement de pluie sur une représentation du relief (le MNT) et de ne conserver que les zones où l'eau « virtuelle » s'accumule. Pour autant, la pertinence des résultats obtenus par ce traitement est directement liée à la qualité et la précision du MNT utilisé. Le MNT à la disposition de l'équipe d'étude s'est révélé admissible pour le traitement mais des résolutions spatiale et thématique plus fines auraient permis une meilleure mise en évidence des zones dépressionnaires.

#### Carte des pentes

La pente est une information importante pour définir la probabilité du caractère humide d'un secteur. En effet, une pente forte induit un écoulement rapide de l'eau. Une carte de pente représente la déclivité du terrain à un endroit donné. Cette information est mesurée en degrés et est calculée à partir d'un MNT où la différence d'altitude entre des pixels adjacents est mesurée.

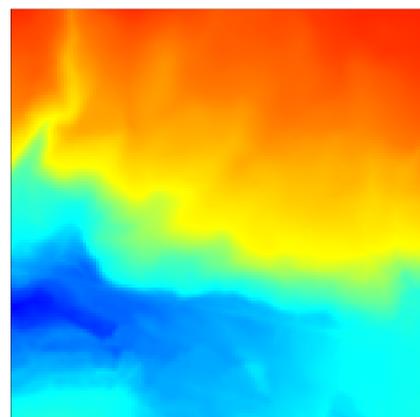


Figure 4 : Modèle numérique de terrain



Figure 5 : Carte des zones dépressionnaires

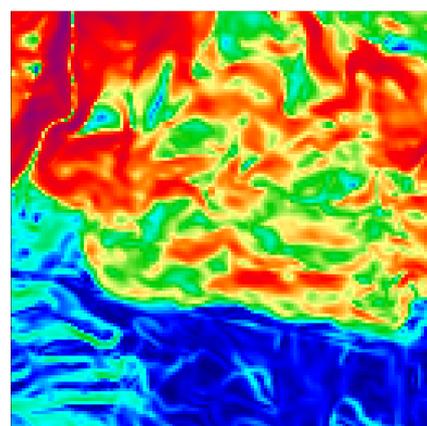


Figure 6 : Carte des pentes

<sup>7</sup> Un MNT est une représentation cartographique « numérique » de l'altimétrie d'un territoire.

### Courbes de niveau

La superposition des différentes informations lors de la digitalisation\* peut être facilitée par la représentation du relief sous forme de courbes de niveaux et non d'un MNT, plus difficilement superposable. Pour réaliser des courbes de niveaux à partir d'un MNT, un traitement relie, par une polyligne, et de proche en proche, les différents pixels adjacents ayant la même altitude. Par ce procédé, chaque polyligne peut être considérée comme une courbe de niveau.



Figure 7 : Courbes de niveau de 5 mètres d'écart

### Carte des expositions

L'exposition d'un versant de colline ou de montagne est une information importante pour la caractérisation d'enveloppe de forte probabilité du caractère humide. Elle permet notamment d'estimer le rayonnement solaire que reçoit un versant. Cette couche d'information est réalisée grâce à la variation des pixels adjacents d'une carte de pente, afin d'en définir la direction.

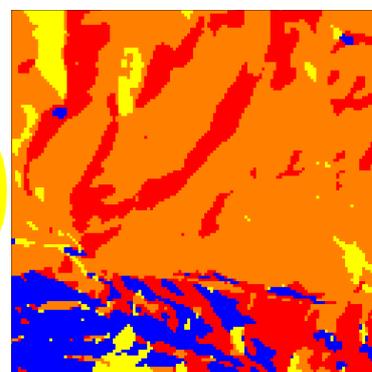
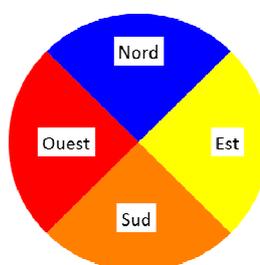


Figure 8 : Carte des expositions

### 8.1.3. Le réseau hydrographique

Les tronçons hydrographiques de la BD CARTAGE, constituant le référentiel hydrographique français, permettent de superposer le réseau hydrographique de la zone d'étude aux orthophotographies sans gêner leur lisibilité ; ce référentiel national a une échelle d'utilisation de l'ordre 1/100 000.

Le réseau hydrographique a fait l'objet d'un traitement géomatique afin d'estimer la pente de chacun des tronçons<sup>8</sup> composant le réseau hydrographique départemental. La pente des tronçons est donnée par sa valeur moyenne sur toute la longueur du tronçon (100 échantillons sont effectués pour chacun d'entre eux). Par la suite, quatre classes ont été définies selon la méthode de Jenks<sup>9</sup> et les cours d'eau temporaires ont été différenciés des cours d'eau permanents.

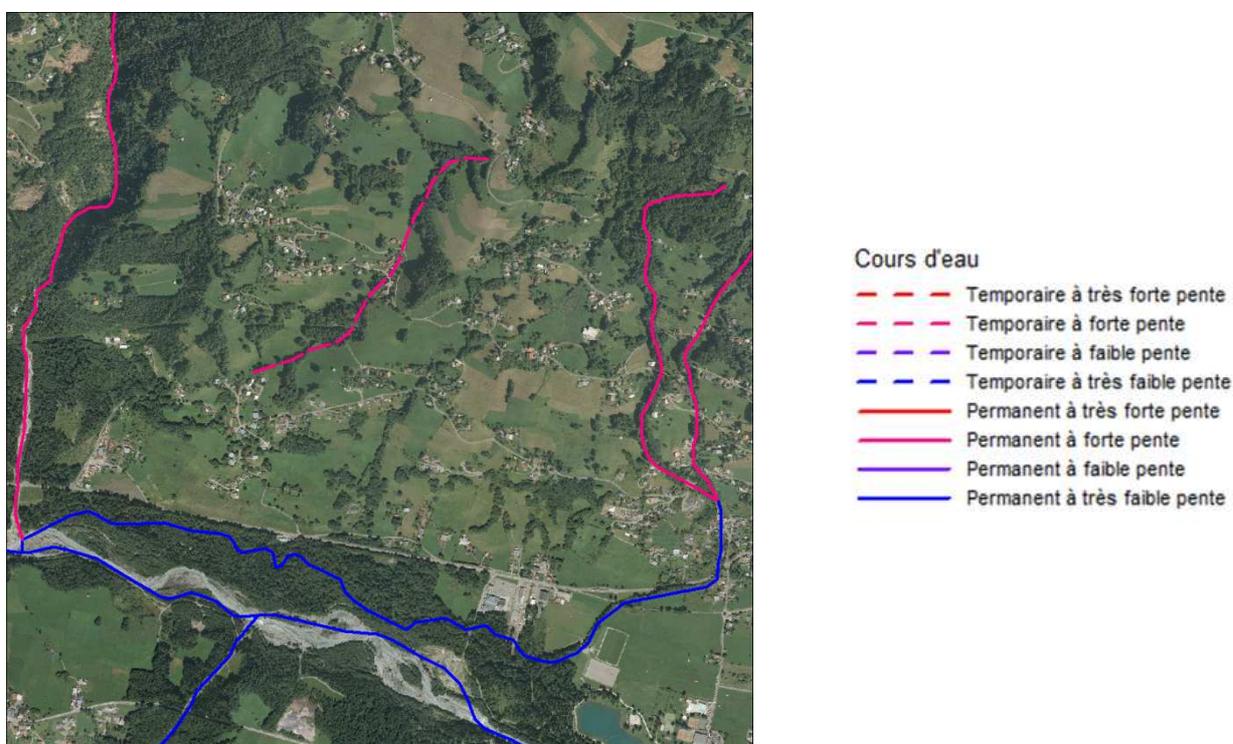


Figure 9 : Exemple de cours d'eau permanents et temporaires analysés en fonction de leur pente

<sup>8</sup> Portion de cours d'eau, réel ou fictif, permanent ou temporaire, naturel ou artificiel, homogène pour l'ensemble des attributs qui la concernent, et qui n'inclut pas de confluent (IGN 2011).

<sup>9</sup> La méthode de Jenks permet de maximiser l'hétérogénéité entre les différents groupes tout en minimisant l'hétérogénéité au sein de chaque groupe (Jenks, George F. 1967. "The Data Model Concept in Statistical Mapping", International Yearbook of Cartography 7: 186–190.).

#### 8.1.4. Les zones inondables

La carte de synthèse de l'aléa inondation du service « Cartorisque » de la plateforme « Prim.net » permet de visualiser les secteurs régulièrement en eau le long du réseau hydrographique.



Figure 10 : Carte de l'aléa du risque inondation

#### 8.1.5. Les données du BRGM sur l'eau

Les zones où la nappe est affleurante ont été visualisées par la **carte départementale de l'aléa « remontée de nappe »**. Cette carte est utile à l'orientation de la délimitation des zones potentiellement humides qui sont déconnectées du réseau hydrographique.

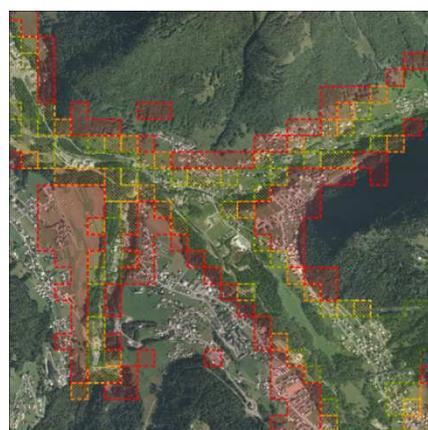
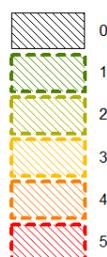


Figure 11 : Carte de l'aléa remonté de nappe

#### 8.1.6. Les données de l'inventaire départemental des zones humides (ASTER)

Issues à la fois de campagne terrain et de photo-interprétation\*, les données de l'inventaire zones humides d'Aster ont jouées un rôle important dans la détermination des ZPH.

Très logiquement la corrélation entre ZPH et les zones humides de l'inventaire est assez forte. Sur les différentes zones d'études, 98.26% de la surface en zones humides de l'inventaire recourent les ZPH.

Pour autant les ZPH ne se limitent pas aux zones humides de l'inventaire car plus de la moitié de la surface en ZPH (53%) ne recouvre pas les zones humides de l'inventaire.



Figure 12 : Une zone humide inventoriée dans le cadre d'inventaire départemental

## 8.2. Annexe 2 : Discussion sur les limites d'une analyse cartographique sur cette thématique

Trois grands types de limites peuvent être identifiés :

- Les biais liés aux observateurs ;
- Les biais liés aux outils disponibles pour estimer le caractère humide ;
- Les biais liés strictement aux outils cartographiques.

### 8.2.1. Les biais « observateurs »

La complexité du sujet, la prise en compte du contexte, ainsi que les nombreuses informations à analyser afin de définir une enveloppe de ZPH, n'ont pas orienté la méthodologie utilisée vers une analyse automatisée. La photo-interprétation\* a été choisie et cette décision peut induire deux biais que l'on pourrait qualifier d'inter et d'intra-observateurs.

**N.B : La digitalisation\* n'ayant mobilisé qu'un seul « opérateur », aucun biais inter-observateurs n'est à relever dans cette étude.**

**Le biais intra-observateurs :** ce problème est lié à l'application d'une méthode identique sur un vaste territoire comme le territoire du SAGE de l'Arve, présentant des faciès fondamentalement différents. En essayant de tenir compte du contexte, l'observateur sans le savoir est plus sévère dans les secteurs riches en zones humides et est beaucoup plus tolérant dans les secteurs très dégradés.

De plus, l'expérience de l'observateur évolue au fur et à mesure de la digitalisation\*. Ce biais a été compensé en analysant de nouveau les premiers secteurs traités pour homogénéiser a posteriori les traitements.

### 8.2.2. Les biais liés aux outils disponibles pour estimer le caractère humide

La méthode utilisée repose notamment sur l'analyse des caractéristiques géomorphologiques (dépressions, pente...) du territoire. Ceci induit une limite sur l'identification des zones humides en pentes (résurgence, suintements...) car, sans la composante topographique, il est difficile de définir précisément les limites des secteurs potentiellement humides. Malgré l'orthorectification\* des photos-aériennes utilisées, la prise de vue sur une forte pente n'est pas perpendiculaire à la surface photographiée. Cela induit des biais importants dans l'analyse des secteurs de montagne.

Un MNT (Modèle Numérique de Terrain) reflète la composante altitudinale du sol et non de l'ensemble du paysage. Une analyse doublée par un MNE (Modèle Numérique d'Élévation), permettant la prise en compte de la hauteur des différents éléments du paysage (arbres, remblais routiers...), aurait permis de mieux définir la pente du terrain en certains points. Pour autant, l'apport d'une telle donnée ne peut être précisément quantifié.

L'ombre et l'exposition au soleil changent fortement dans ces secteurs, ne facilitant pas une analyse homogène, des pans entiers se retrouvant à l'ombre ou surexposés.

Par ailleurs, même en terrain plat, certains types d'occupation des sols sont difficiles à différencier. Il s'agit notamment de la distinction entre culture et prairie en fonction de la période de la prise de vue de la photographie. Le même constat est à faire sur l'interprétation des talus/fossés : ils peuvent être appréciés en « négatif » en fonction de l'exposition.

La méthode repose également sur la présence d'éléments du réseau hydrographique pour identifier les ZPH ; ainsi, les zones humides isolées du réseau hydrographiques ont pu être sous-échantillonnées.

Une disponibilité de plusieurs photo-aériennes au cours de la même année aurait apporté une plus-value très intéressante à l'analyse par photo-interprétation\*. L'idéal aurait été une image prise au début du printemps, pour la végétation précoce, une prise à la transition entre le printemps et l'été, pour identifier les secteurs de plaine commençant à être en déficit hydrique, et enfin une prise en fin d'été pour permettre la même analyse en montagne. L'avantage de telles données est, dans un premier temps, une bien meilleure caractérisation du caractère hydromorphe, mais également une distinction beaucoup plus simple entre les prairies et les cultures.

### 8.2.3. Les biais liés strictement aux outils cartographiques

Le MNT et le référentiel utilisé pour le réseau hydrographique (BD Carthage) présentent une petite différence de précision, induisant une légère surestimation de la pente des cours d'eau les plus encaissés.

Par ailleurs, la précision du MNT s'est révélée tout juste utilisable à cette échelle, l'analyse de la topographie a fait apparaître quelques incohérences mineures, mais pouvant influencer certaines délimitations de ZPH.

**Environ 25% du temps de digitalisation\* a été consacré à l'homogénéisation de ces différents biais.**

### 8.3. Annexe 3 : Résultats de la digitalisation\*

Les résultats de la digitalisation\* présentent l'état des ZPH pour chaque année étudiée. Ils ne concernent pas l'évolution de ces ZPH au cours du temps, cœur de l'étude, traitée ultérieurement.

Cas-types*	Surface totale du cas-type en hectare
Urbanisme diffus dynamique	4898.8
Urbanisme diffus peu dynamique	5073.0
Moyenne montagne	4897.4
Stations de ski	5172.8
Ensemble des cas-types*	20042.0

Tableau 3 : Surface des cas-types\* en hectare (regroupant l'ensemble des sous-secteurs de chacun des cas-types\*)

Cas-types*	Surface de ZPH en hectare		
	1993	1998	2008
Urbanisme diffus dynamique	333.5	327.9	318.4
Urbanisme diffus peu dynamique	734.8	732.0	715.8
Moyenne montagne	262.6	257.2	242.9
Stations de ski	252.4	248.2	236.4
Ensemble des cas-types*	1583.3	1565.3	1513.4

Tableau 4 : Surface de ZPH en hectare

Cas-types*	Nombre de ZPH digitalisées		
	1993	1998	2008
Urbanisme diffus dynamique	77	78	74
Urbanisme diffus peu dynamique	122	122	117
Moyenne montagne	115	114	114
Stations de ski	208	212	204
Ensemble des cas-types*	522	526	509

Tableau 5 : Nombre de ZPH digitalisées

Cas-types*	Part du territoire occupée par les ZPH		
	1993	1998	2008
Urbanisme diffus dynamique	6.81%	6.69%	6.50%
Urbanisme diffus peu dynamique	14.48%	14.43%	14.11%
Moyenne montagne	5.36%	5.25%	4.96%
Stations de ski	4.88%	4.80%	4.57%
Ensemble des cas-types*	7.90%	7.81%	7.55%

Tableau 6 : Part du territoire occupée par les ZPH

## 8.4. Annexe 4 : Liste et résultats des indicateurs utilisés

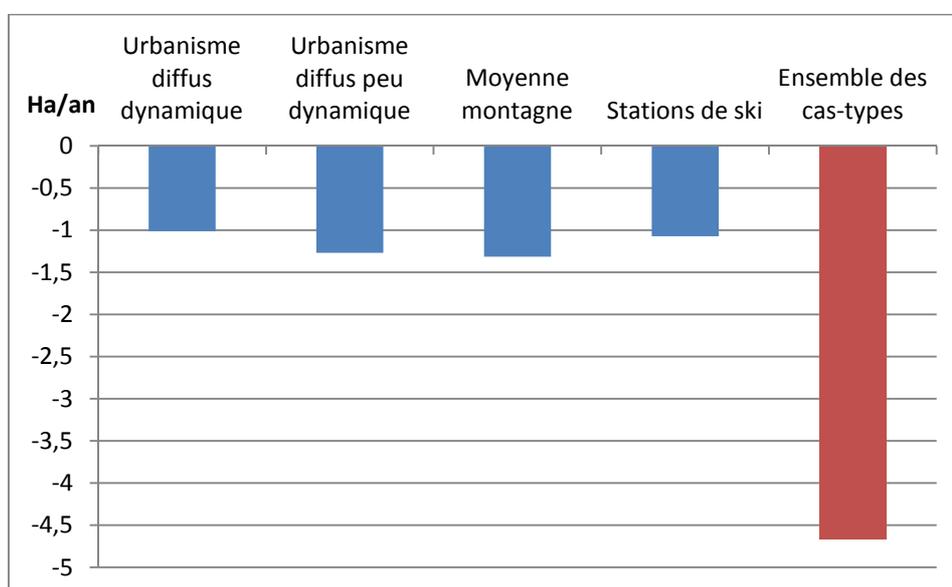
### 8.4.1. Indicateur 1 : Réduction des ZPH en hectare et par année

**Objectif** : Estimer la consommation annuelle des zones potentiellement humides en hectare.

**Période d'étude** : 1993 – 2008.

**Méthode de calcul et unité** : Différence des surfaces en ZPH entre 1993 et 2008 divisé par le nombre d'année de la période d'étude. L'unité est l'hectare par an.

**Comment lire le graphique** : La surface des ZPH diminue d'environ 1 hectare par an sur la période 1993/2008 dans le cas-type « *Urbanisme diffus dynamique* ».



Graphique 7 : Evolution des ZPH en hectare par année sur la période 1993/2008 (identique au Graphique 3 présenté dans le paragraphe 4.2.1)

**Avantages** : Cet indicateur permet de représenter « *concrètement* » la consommation des ZPH.

**Inconvénients** : Lien direct avec la surface de la zone d'étude (ici cela n'a pas d'importance car chaque cas-type fait approximativement la même surface). La comparaison avec l'ensemble des cas-types\* n'est pas possible.

**Analyse** : A l'échelle de l'ensemble des cas-types\*, environ 4.5 ha de ZPH ont disparu chaque année. La réduction des ZPH semble relativement homogène d'un cas-type à l'autre (autour de 1 ha/an), mais l'échelle du graphique est légèrement écrasée par « *l'ensemble des cas-types\** »; les variations inter cas-types\* sont de l'ordre de 30%. Les cas-types\* les plus touchés par le phénomène sont « *Moyenne montagne* » et « *Urbanisme diffus peu dynamique* ».

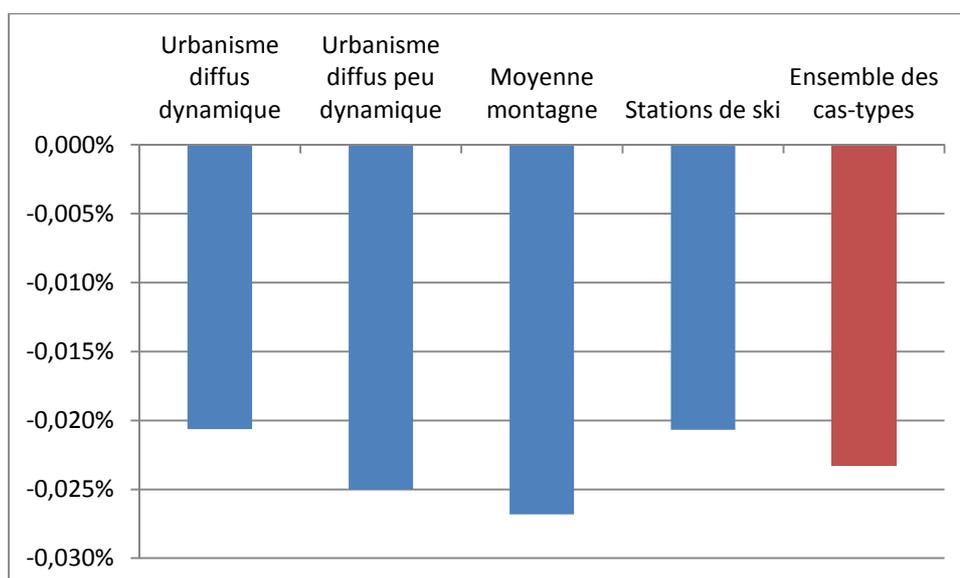
#### 8.4.2. Indicateur 2 : Part du territoire concernée par la réduction des ZPH

**Objectif** : Estimer la part de territoire impactée par la réduction des ZPH à l'année.

**Période d'étude** : 1993 - 2008.

**Méthode de calcul et unité** : Surface de ZPH disparue annuellement divisée par la surface du cas-type. L'unité s'exprime en % du territoire par an.

**Comment lire le graphique** : Chaque année, environ 0.02 % du territoire du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » est concerné par la réduction des ZPH sur la période 1993/2008.



Graphique 8 : Part du territoire concernée par la réduction des ZPH chaque année sur la période 1993/2008

**Avantages** : Permet de représenter « *relativement* » la réduction des ZPH au regard du territoire concerné ; permet la comparaison avec « *l'ensemble des cas-types\** ».

**Inconvénients** : La part des ZPH dans le paysage est tellement faible que les chiffres présentés peuvent « *minimiser* » l'ampleur de la problématique.

**Analyse** : Vu que la surface des différents cas-types\* est quasiment identique, cet indicateur n'apporte qu'une information complémentaire par rapport à l'indicateur précédent, le rapport à la moyenne des cas-types\*. On observe donc que deux cas-types\* sont au-dessus de la moyenne : « *moyenne montagne* » et « *urbanisme diffus peu dynamique* ».

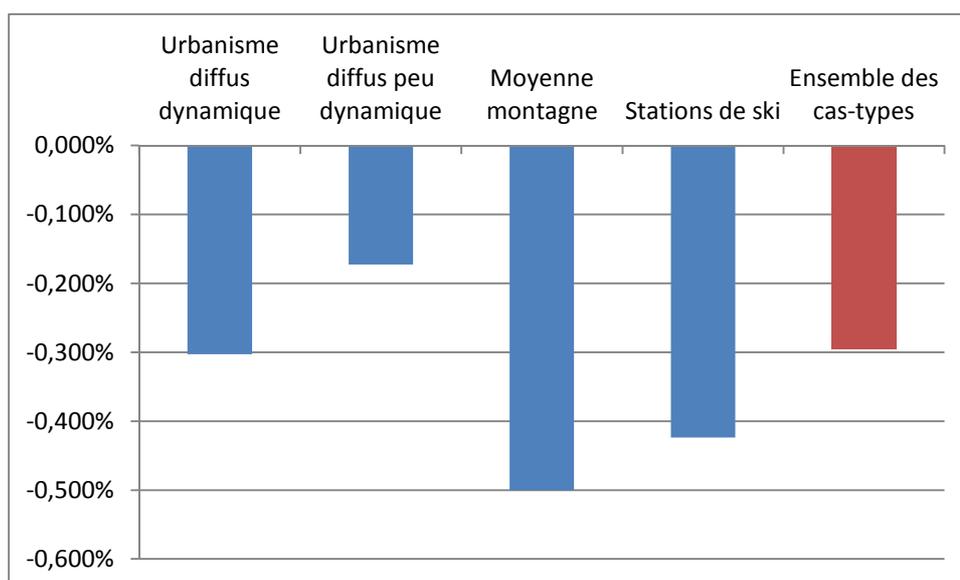
### 8.4.3. Indicateur 3 : Evolution intrinsèque des ZPH

**Objectif** : Estimer l'évolution de la surface des ZPH entre deux dates.

**Période d'étude** : 1993 /2008

**Méthode de calcul et unité** : Surface de ZPH disparues annuellement divisé par la surface initiale de ZPH. L'unité est le % de ZPH / an

**Comment lire le graphique** : La surface des ZPH du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » a diminué de 0.30% par an sur la période 1993/2008 (soit 4.55% en 15 ans).



Graphique 9 : Evolution intrinsèque des ZPH par an, sur la période 1993/2008 (identique au Graphique 4 présenté dans le paragraphe 4.2.1)

**Avantages** : Permet d'estimer l'intensité du phénomène au regard des ZPH existantes.

**Inconvénients** : Les cas-types\* où les ZPH occupent de grandes surfaces présentent une évolution intrinsèque faible. Le phénomène inverse s'exprime pour les cas-types\* présentant de faibles surfaces de ZPH.

**Analyse** : Le cas-type « *urbanisme diffus peu dynamique* » présente une faible évolution « *relative* », en partie à cause de la surface importante des ZPH dans ce secteur ; il est donc difficile de comparer ce cas-type au trois autres pour cet indicateur. Au sein des autres cas-types\*, celui de la « *moyenne montagne* » semble le plus impacté. En effet, la part de ZPH disparaissant chaque année est proche des 0.5%, mais les paysages de type « *Stations de skis* » sont également bien au-dessus de la moyenne.

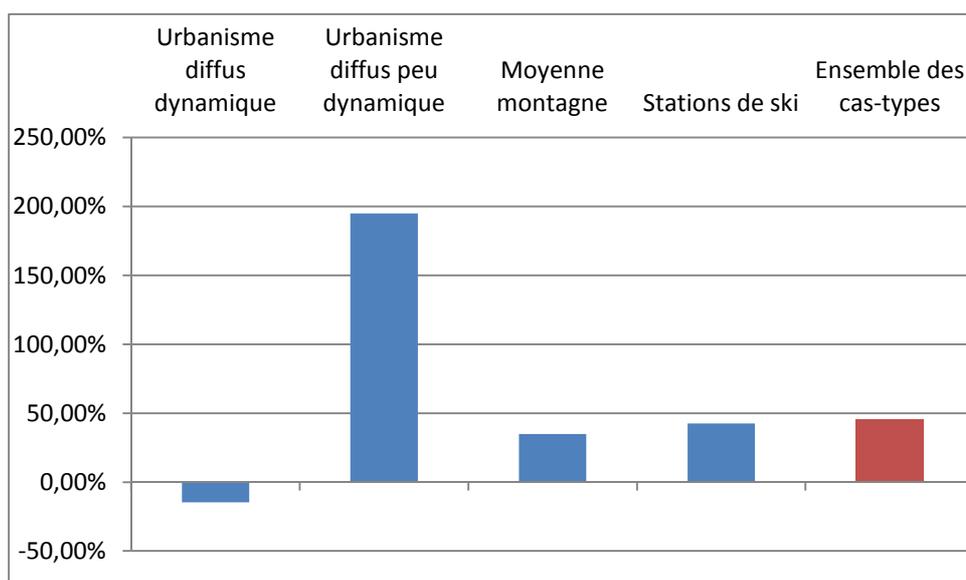
#### 8.4.4. Indicateur 4 : Dynamique de l'évolution des ZPH

**Objectif** : Estimer l'accélération ou la décélération de la diminution des ZPH.

**Période d'étude** : 1993/1998 et 1998/2008

**Méthode de calcul et unité** : Indicateur 3 sur la période 1998/2008 divisé par l'indicateur 3 sur la période 1993/1998. C'est un rapport donc il n'y a pas d'unité.

**Comment lire le graphique** : La réduction de la surface de ZPH du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » a décéléré de 15% entre 1993/1998 et 1998/2008.



Graphique 10 : Dynamique de l'évolution des ZPH entre les périodes 1993/1998 et 1998/2008

**Avantages** : Permet d'introduire une notion de *tendance* dans l'analyse ; permet d'estimer l'évolution de l'intensité du phénomène dans le temps.

**Inconvénients** : La robustesse de cet indicateur repose sur des périodes d'étude équivalentes. Or, ici, la première période (1993/1998) est deux fois plus courte que la seconde (1998/2008). Ainsi, les évolutions (ou non-évolutions) sont plus « *ponctuelles* » et conjoncturelles dans la période de temps la plus courte ; elles prennent donc de l'importance.

**Analyse** : L'évolution de la consommation triple pour le cas-type « *Urbanisme diffus peu dynamique* », dénotant certainement une évolution d'activité des territoires entre les deux périodes d'étude. L'accélération observée pour le cas-type « *stations de ski* » est à mettre au regard des nombreux travaux effectués sur l'une des stations étudiées entre 1998 et 2008.

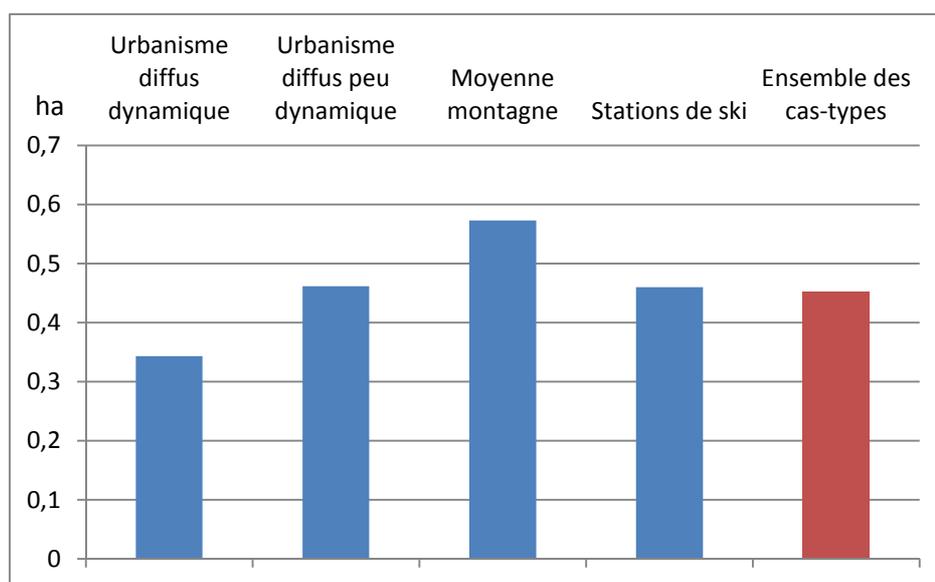
#### 8.4.5. Indicateur 5 : Surface moyenne des disparitions des ZPH

**Objectif** : Estimer la surface moyenne de chacune des atteintes faites aux ZPH.

**Période d'étude** : 1993 /2008

**Méthode de calcul et unité** : Moyenne de chacune des surfaces ayant disparues. L'unité est l'hectare

**Comment lire le graphique** : En moyenne, l'atteinte faite aux ZPH du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » est de 0.35 hectare sur la période 1993/2008.



Graphique 11 : Surface moyenne des disparitions des ZPH

**Avantages** : Permet d'approcher le type d'actions induisant des atteintes aux ZPH à titre « *individuel* » (grands projets éliminant plusieurs dizaines d'hectares de ZPH ou petits « *grignotages* »).

**Inconvénients** : Le calcul reste une moyenne, outil statistique limité, notamment sur certains cas-types\* peu « *dynamique* » où les atteintes aux ZPH sont faibles mais variées.

**Analyse** : Dans l'ensemble, la moyenne des atteintes faites aux ZPH reste faible (moins de 5 000 m<sup>2</sup>). Pour autant, des tendances peuvent être observées, notamment une consommation légèrement plus importante pour le cas-type « *moyenne montagne* ».

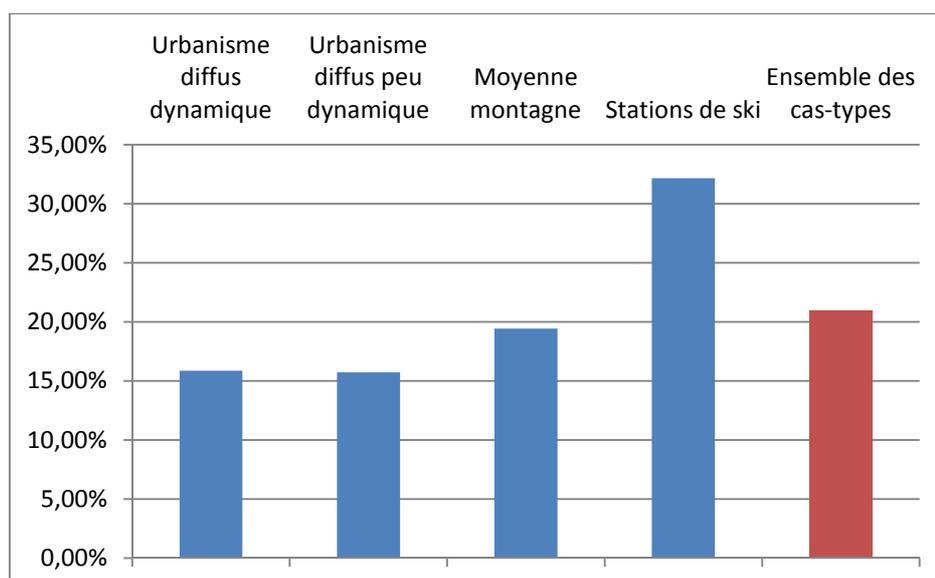
#### 8.4.6. Indicateur 6 : Part moyenne des disparitions des ZPH

**Objectif** : Au sein des ZPH impactées, évaluer la proportion que représente le secteur détruit au regard de la surface initiale de la ZPH.

**Période d'étude** : 1993 /2008

**Unité** : Surface disparue divisée par la surface initiale de la ZPH, l'ensemble étant moyenné par Cas-type, puis globalement. L'unité s'exprime en % de ZPH initiale

**Comment lire le graphique** : Pour les ZPH impactées, en moyenne 15 % de leur surface a disparu pour le cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » sur la période 1993/2008.



Graphique 12 : Part moyenne de la ZPH ayant disparue (1993-2008)

**Avantages** : Permet de caractériser en moyenne la part de consommation d'une ZPH, sans biaiser le calcul par les ZPH totalement consommées.

**Inconvénients** : Pour une atteinte de même surface, les petites ZPH verront leur part restante plus faible que les ZPH plus importantes.

**Analyse** : Les valeurs des trois premiers cas-types\* sont assez proches de la moyenne (20% de la surface réduite). Ainsi, la tendance observée est plutôt une faible atteinte des ZPH, laissant intacte une grande proportion de la ZPH initiale. Pour autant, celles du cas-type « *stations de ski* » semblent plus sévèrement consommées individuellement. Cela peut être lié à leur surface plus faible, mais également aux besoins d'aménagements dans des espaces « *plats* », logiquement concomitants aux zones humides.

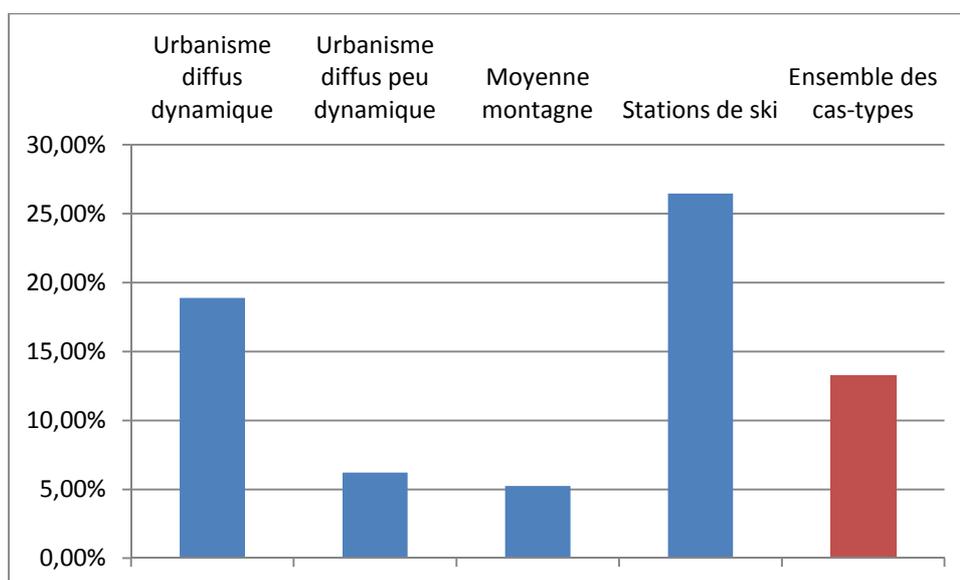
#### 8.4.7. Indicateur 6 : Type de réduction des ZPH (disparition totale ou partielle)

**Objectif** : Evaluer, au sein des ZPH impactées, la proportion de celles ayant totalement disparu.

**Période d'étude** : 1993 /2008

**Méthode de calcul et unité** : Surface des ZPH ayant totalement disparues divisée par la surface totale des ZPH ayant évoluées. L'unité s'exprime en % de ZPH impactées.

**Comment lire le graphique** : Environ 20% des ZPH impactées du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » ont totalement disparu sur la période 1993/2008.



Graphique 13 : Part des ZPH ayant totalement disparues au sein de celles ayant évoluées (1993-2008) (identique au Graphique 5 présenté dans le paragraphe 4.2.2).

**Avantages** : Permet de caractériser le type de consommation des ZPH à l'échelle « individuelle ».

**Inconvénients** : Plus les ZPH sont petites sur un cas-types\*, plus elles peuvent être consommées totalement ; cet indicateur mesure donc également, mais indirectement, la surface des ZPH impactées.

**Analyse** : Les cas-types\* « *urbanisme diffus dynamique* » et « *stations de ski* » présentent le plus fort taux de ZPH impactées totalement disparues. Ceci s'explique en partie par la surface des ZPH (cf. supra) mais également par la pression d'artificialisation pour le premier cas. En effet, la forte urbanisation du secteur fait que seul des reliquats de zones humides sont présents entre les secteurs déjà artificialisés, et donc susceptibles d'être intégralement impactés.

#### 8.4.8. Indicateur 7 : Nouveaux usages des ZPH disparues

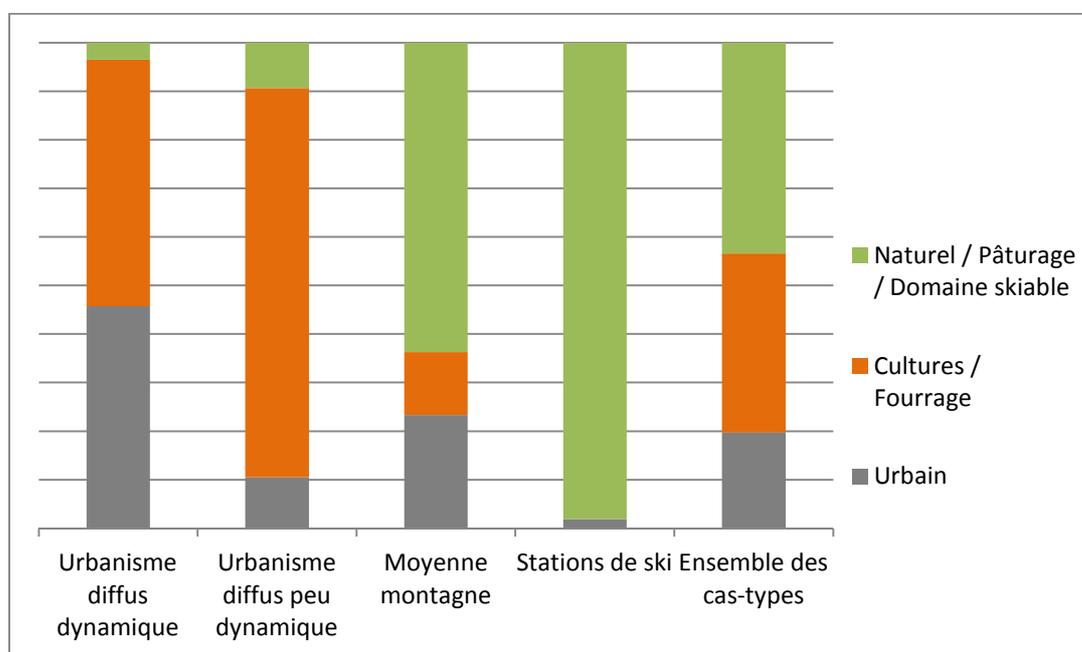
##### Destination des ZPH « disparues »

**Objectif** : Estimer l'usage fait des secteurs de ZPH disparus et donc approcher les causes de cette disparition.

**Période d'étude** : 1993 /2008

**Méthode de calcul et unité** : Définition de l'occupation des sols des secteurs de ZPH ayant disparus. S'exprime en % de la surface des secteurs de ZPH disparus

**Comment lire le graphique** : La réduction de 45 % des ZPH du cas-type « *urbanisme diffus dynamique* » est liée à l'urbanisation.



**Graphique 14 : Nouvel usage des secteurs de ZPH ayant disparu (identique au Graphique 6 présenté dans le paragraphe 4.2.2).**

**Avantages** : Permet d'approcher les pressions exercées sur les ZPH dans les différents contextes étudiés.

**Inconvénients** : La classification des pelouses comme élément « *naturel* » induit un biais important. En effet, les anciennes ZPH modifiées en « *pelouses* » ont un usage et ne sont donc pas naturelles. Elles ont une fonction agricole (pâturages) et/ou touristique (pistes de ski).

**Analyse** : Dans l'ensemble, la destination des ZPH consommées reflète les pressions et la typologie du paysage rencontré sur les territoires d'étude.

**Part occupée par les différents modes d'occupation des sols dans le paysage des cas-types\* et dans l'usage des ZPH disparues**

Cas-types*	Urbain		
	Part des ZPH disparues	Part du cas-type	Rapport
Urbanisme diffus dynamique	45.74%	36.20%	<b>1.26</b>
Urbanisme diffus peu dynamique	10.54%	14.61%	0.72
Moyenne montagne	21.87%	17.70%	<b>1.24</b>
Stations de ski	1.89%	5.61%	0.34
Ensemble des cas-types*	19.37%	18.31%	<b>1.06</b>

Tableau 7 : Comparaison de la place de l'urbain dans les cas-types\* et dans l'usage des ZPH disparues (les lignes en gris représentent un rapport « OS ZPH disparues/ OS cas-types\* » inférieur à 1)

Cas-types*	Cultures / Fourrage		
	Part des ZPH disparues	Part du cas-type	Rapport
Urbanisme diffus dynamique	50.76%	26.52%	<b>1.91</b>
Urbanisme diffus peu dynamique	80.13%	32.82%	<b>2.44</b>
Moyenne montagne	12.14%	3.11%	<b>3.90</b>
Stations de ski	0.00%	0.34%	0.00
Ensemble des cas-types*	36.23%	15.63%	<b>2.32</b>

Tableau 8 : Comparaison de la place des cultures et du fourrage dans les cas-types\* et dans l'usage des ZPH disparues (les lignes en gris représentent un rapport « OS ZPH disparues/ OS cas-types\* » inférieur à 1)

Cas-types*	Naturel / Pâturage		
	Part des ZPH disparues	Part du cas-type	Rapport
Urbanisme diffus dynamique	3.50%	37.28%	0.09
Urbanisme diffus peu dynamique	9.34%	52.56%	0.18
Moyenne montagne	59.78%	79.18%	0.75
Stations de ski	98.11%	94.04%	<b>1.04</b>
Ensemble des cas-types*	42.65%	66.06%	0.65

Tableau 9 : Comparaison de la place des espaces naturels et du pâturage dans les cas-types\* et dans l'usage des ZPH disparues (les lignes en gris représentent un rapport « OS ZPH disparues/ OS cas-types\* » inférieur à 1)

## 8.5. Annexe 5 : Résultats bibliographiques de l'évolution des zones humides sur différents territoire

Etude et source	Surface des zones humides intérieures		Evolution des zones humides
	2003	2007	% par an
Observatoire des zones humides (MEDD)	1 629 386	1 580 807	-0.60%

Corine Land Cover (SOeS)	1990	2000	% par an
	77 195	76 808	-0.05%
	2000	2006	% par an
	82 564.75	82 540.24	-0.005%

Tableau 10: Evolution des zones humides intérieures à l'échelle métropolitaine

Etude	Période d'étude		Evolution des zones humides
			% par an
Etude diachronique sur les zones humides de l'Aubrac (CEN Lozère)	1963	2006	-0.71%

Tableau 11 : Evolution des zones humides de l'Aubrac



Schéma d'Aménagement  
de Gestion des Eaux  
du bassin de l'Arve



SAGE ARVE - SM3A - 300 Chemin des Prés Moulin - 74800 Saint-Pierre-en-Faucigny  
Siège social SM3A - 56 Place de l'Hôtel de Ville 74130 BONNEVILLE  
Tél. : 04 50 25 60 14 - Fax : 04 50 25 67 30 - [sm3a@riviere-arve.org](mailto:sm3a@riviere-arve.org)