

# LA PERCEPTION DE L'IMAGE VISUELLE

---

Après l'approche sociale de la gestion du risque d'inondation qui a permis de définir les destinataires de la carte, leurs attentes et leurs besoins. Il est nécessaire de définir comment les transcrire dans la cartographie du risque. Pour cela, il est fondamental de comprendre comment est lue la carte dans le but de définir la carte-type la plus adaptée à chaque catégorie de destinataires.

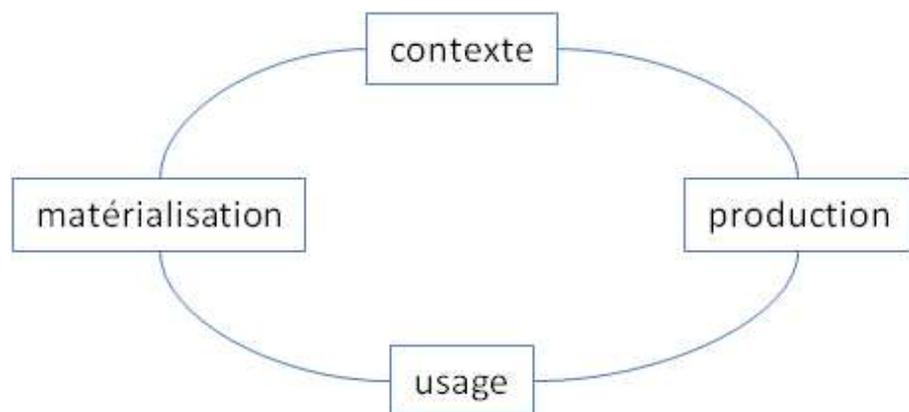
# 1. Introduction : la perception de l'image, un mécanisme au cœur d'un contexte

---

Alors que la plupart des études sur la perception de la carte sont réalisées hors contexte, il est mis en évidence que la place de ce dernier dans la perception de l'image n'est pas sans importance.

La lecture d'une image est comprise dans un ensemble défini comme un circuit visuel à quatre composantes :

- Le contexte d'élaboration : « rendre intelligible les conditions sociales et historiques dans lesquelles un dispositif visuel est mis en place » ;
- La production : procédure d'encodage de l'information ;
- L'usage : décodage, comment est perçue l'image par différents types de lecteurs. C'est à ce niveau que sont faites les évaluations avec les nouvelles technologies et que des innovations techniques en matière de visualisation sont possibles ;
- La matérialisation : transposition sur le territoire réel, conditions dans lesquelles les dispositifs visuels sont conçus.



**Figure 10: Circuit visuel**<sup>62</sup>

C'est à l'élément « usage » que s'intéresse cette recherche puisque c'est à cette étape qu'il est possible de définir les caractéristiques qui influent sur la lecture de l'image.

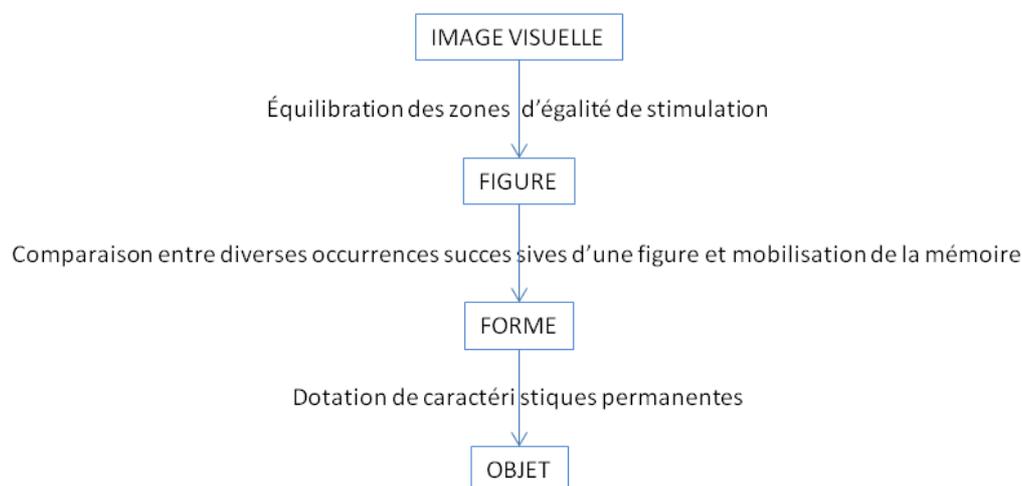
---

<sup>62</sup> SÖDERSTRÖM Olga. – Des images pour agir, le visuel en urbanisme. – LAUSANNE : Payot, 2000. – 139p.

## 2. La perception de la carte : un processus perceptuel et cognitif

---

La carte est une image et, comme telle, sa perception suit un processus.



**Figure 11: Modèle de perception d'une image visuelle**<sup>63</sup>

Cependant les modèles de perception ne sont adaptés qu'à un cas précis<sup>64</sup>. Il faut par conséquent définir celui qui est le plus adapté à la carte.

## 21. Le processus de lecture de la carte : un processus complexe

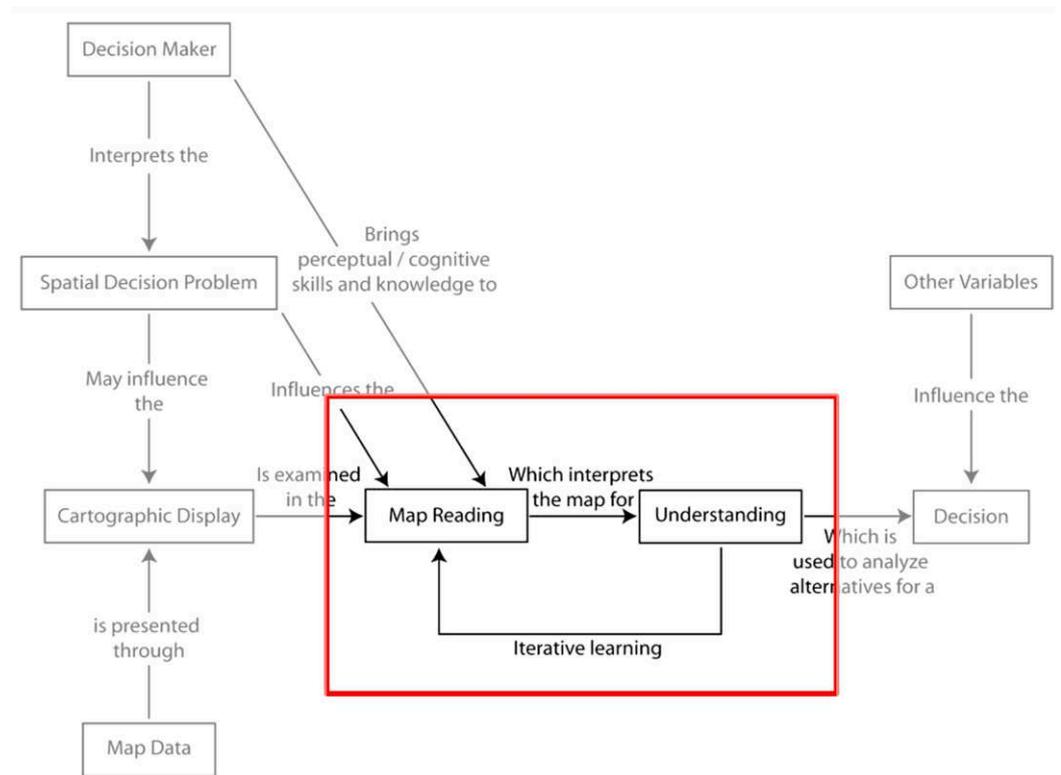
### a) Un processus au centre de l'ontologie cartographique

Avant de définir les étapes du processus de perception de la carte, il convient de le positionner dans celui de la conception et de l'utilisation de la carte (encadré en rouge dans le graphe suivant).

---

<sup>63</sup> MEUNIER Jean-Pierre, PERAYA Daniel. – *Sémiotique et cognition : voyage autour de quelques concepts*, In *L'image mentale I*. – 1988. – pp. 16-28

<sup>64</sup> SALVUCCI Dario D., ANDERSON John R. – *Tracing Eye Movement Protocols with Cognitive Process Models*, In *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. – pp. 923-928



**Figure 12: Position de la perception visuelle dans l'ontologie cartographique<sup>65</sup>**

Selon le graphe de MCKENDRY, il est possible de mettre en évidence deux types de facteurs qui influent sur le processus de lecture de la carte :

- Des facteurs externes à la carte comme la problématique transcrite ou les compétences et connaissance du « *decision maker* »
- Des facteurs internes à la carte qui impliquent un phénomène d'itération lors du processus de lecture.

Il est à remarquer que le seul intervenant défini ici est le « *decision maker* ». Le concepteur est ici représenté par l'intermédiaire de la représentation des données. En fait, grâce à ce schéma, MCKENDRY met en avant la nécessité de prendre en compte le destinataire de la carte car certaines caractéristiques propres à celui-ci conditionnent le processus de lecture de la carte.

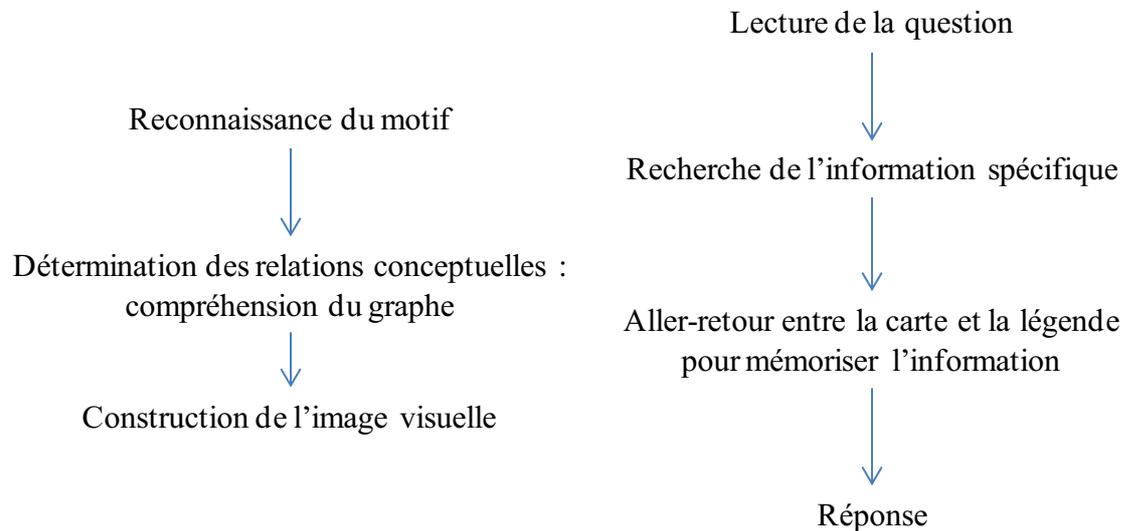
Dans la suite de cette section, l'attention sera portée sur les mécanismes internes du processus de lecture de carte afin de mettre en évidence les facteurs qui conditionnent l'adaptabilité de la carte au lecteur.

<sup>65</sup> MCKENDRY J. E., MACHLIS G. E. – Cartographic design and quality of climate change maps. – Springer Science, 12 p.

b) Un processus double

Dans son article RATWANI Raj M. se base sur deux modèles fondés sur les théories des tâches analytiques :

- Un modèle théorique datant des années 1990<sup>66</sup>
- Un modèle pratique datant des années 2000<sup>67</sup>



**Figure 13: Modèle théorique (à gauche) et modèle pratique (à droite) du processus de compréhension de la carte<sup>68</sup>**

On constate que ces deux modèles ont des approches différentes :

- Le premier adopte une approche purement cognitive, sans prise en compte des mouvements oculaires
- Le second intègre la dimension perceptuelle en l'intégrant dans la dimension cognitive

Cependant le processus de perception visuelle et le processus de perception cognitive peuvent-ils être réunis en un seul processus ou doivent-ils rester distincts ?

Cette réponse peut probablement être apportée par l'analyse neuronale. En effet, l'activité neuronale des mouvements de saccade se situe dans le tronc cérébral et l'activité de codage est réalisée par les « *burst* » *cells* situées dans les régions périphériques du tronc cérébral.<sup>69</sup> Il semble au premier abord que ces deux processus soient distincts. Cependant il a été constaté que le codage des caractéristiques spatiales des saccades (OU) et le déclenchement du mouvement (QUAND) est initié par des

<sup>66</sup> Ce modèle est construit par partir des travaux de KOSSLYN (1989), LOHSE (1993) et PINKER (1990)

<sup>67</sup> L'élaboration de ce modèle résulte de l'analyse des travaux de CARPENTER & SHAZH (1998), LOHSE (1993), PEEBLES & CHENG (2003), PINKER (1990), TRAFTON & al. (2002)

<sup>68</sup> RATWANI. Raj M., REAFTON Gregory J., BOEHM-DAVIS Deborah A. – Thinking Graphically: Connecting Vision and Cognition During Graph Comprehension. – Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 14, No. 1, 2008. – pp. 36-49

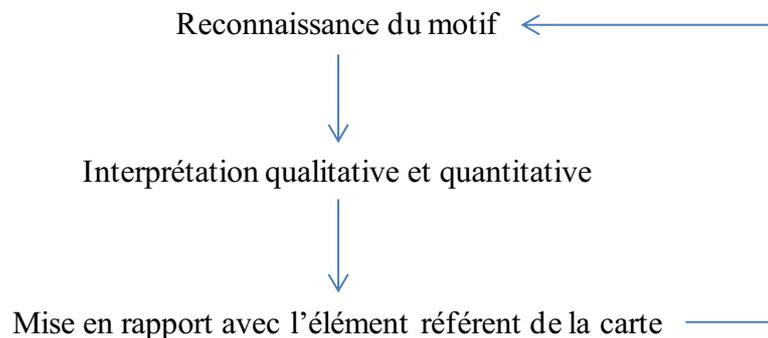
<sup>69</sup> LIVERSEDGE Simon P., FINDLAY John M. – Saccadic eye movements and cognition. – L'année psychologique, Volume 85, Numéro 1, 1985. – pp. 101 - 135

cellules différentes<sup>70</sup>. Or ces deux caractéristiques sont incluses dans le même processus et sont traitées en parallèle.

Il semble par conséquent adéquat de considérer le processus de perception visuelle et le processus de perception cognitive comme des processus réalisés en parallèle, inclus dans un processus plus global qu'est la lecture de la carte.

c) Un processus itératif et agrégatif

En plus du caractère double de la perception, RATWANI définit la perception comme un processus itératif.



**Figure 14: Modélisation itérative de la perception d'après CARPENTER & SHAH (1998)**

Après avoir identifié les éléments et avoir donné une valeur quantitative et qualitative aux caractères visuels, les éléments du graphique sont reliés aux caractères visuels pour construire l'image du graphique grâce aux caractéristiques de l'image définies par Bertin<sup>71</sup> :

- « *l'image se crée sur trois dimensions homogènes et ordonnées* » : la géométrie euclidienne
- « *l'image accepte tous les niveaux de lecture* » : possibilité de regroupement
- « *l'image accepte une très grande quantité d'information* » : nécessité de regroupement basée sur la proximité spatiale et/ou perceptuelle
- « *l'image peut se simplifier sans perdre une parcelle de l'information originale* » : efficacité du regroupement en cluster
- « *sa structure naturelle (x, y, z) [...] ne peut être transgressée* » : le processus de regroupement est similaire pour chaque lecteur.

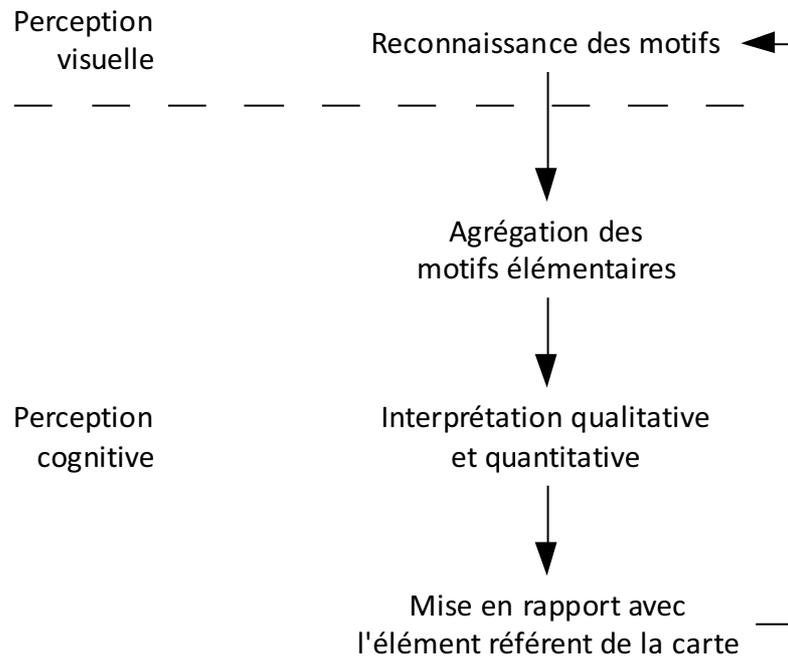
Cependant la complexité ne se définit pas seulement par la difficulté à analyser un élément de l'image. Elle est aussi fonction du nombre d'itérations nécessaire pour former un *cluster* adapté à l'information recherchée : c'est le phénomène d'agrégation. Cependant ce phénomène n'est observé qu'à partir d'un certain éloignement des objets. En effet, pendant une fixation, plusieurs objets (8 à 10) sont traités en parallèle<sup>72</sup> en

<sup>70</sup> LIVERSEDGE Simon P., FINDLAY John M. – Saccadic eye movements and cognition. – L'année psychologique, Volume 85, Numéro 1, 1985. – pp. 101 - 135

<sup>71</sup> BERTIN Jacques.- « *La Graphique* ».-Communications, vol. 15, n°1, 1970.-p.169-185

<sup>72</sup> LIVERSEDGE Simon P., FINDLAY John M. – Saccadic eye movements and cognition. – L'année psychologique, Volume 85, Numéro 1, 1985. – pp. 101 - 135

raison de l'existence de la vision périphérique : les objets situés dans un certain rayon angulaire sont traités pendant le processus de lecture de l'élément regardé.



**Figure 15: Modélisation itérative et agrégative de la perception d'après CARPENTER & SHAH (1998)**

Ainsi le nombre de cycles de traitement augmente avec la complexité (c'est-à-dire le nombre de clusters : zones homogènes de l'image) : le nombre d'allers-retours entre clusters et entre un cluster et la légende augmente.<sup>73</sup> Ce phénomène d'itération permet alors de définir la complexité de la carte : plus une carte est complexe plus le nombre d'itération devra être important. Cela se traduit par une durée de fixation accrue<sup>74</sup>.

Il en résulte qu'une image est plus complexe lorsque la proximité spatiale et/ou perceptuelle diminue : c'est le « *proximity compatibility principle* »<sup>75</sup>.

En se basant sur ces constats (principe de proximité, agrégation et itération) et l'existence d'une interaction entre le décodage perceptuel du graphe et le jugement que le lecteur tente d'élaborer<sup>76</sup>, RATWANI R. M. conclut :

- « *To facilitate visual integration, graphs should be designed such that clusters of information can be easily formulated.* »
- « *To facilitate integration, graphs should be designed to reduce the amount of processing needed to reason with the visual clusters during visual integration* »

<sup>73</sup> RATWANI. Raj M., REAFTON Gregory J., BOEHM-DAVIS Deborah A. – Thinking Graphically: Connecting Vision and Cognition During Graph Comprehension. – Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 14, No. 1, 2008. – pp. 36-49

<sup>74</sup> LOFTUS G. R. – Tachistosopic Simulations of Eye Fixations of Pictures. – Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory. – vol. 5, issue 7, 1981 – pp. 369-376

<sup>75</sup> RATWANI. Raj M., REAFTON Gregory J., BOEHM-DAVIS Deborah A. – Thinking Graphically: Connecting Vision and Cognition During Graph Comprehension. – Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 14, No. 1, 2008. – pp. 36-49

<sup>76</sup> Ibid.

## 22. L'eye-tracking, un outil d'estimation quantitative et qualitative de la carte

Afin de qualifier et quantifier la complexité d'une carte, il est possible d'utiliser la technique de l'*eye-tracking* ou suivi des mouvements oculaires. Cette technique permet d'informer sur certaines variables de la stratégie du regard (nombre de fixations, durée de fixation, nombre de saccades, amplitude de saccade) et de définir les zones de force (construite de telle sorte qu'elle favorise la lecture et la compréhension de la carte) ou de faiblesse (élaborée de telle manière qu'elle rend plus compliquées la lecture et la compréhension) d'une carte. Ces deux variables peuvent également être analysées à deux niveaux différents (macro ou micro).

### a) Deux niveaux d'analyse possible

Le niveau macro d'analyse s'attache à définir les caractéristiques globales des mouvements oculaires<sup>77</sup>. Il permet d'avoir une première approche de la difficulté à lire et comprendre une image. A ce niveau, les caractéristiques généralement étudiées sont :

- Le temps de fixation total<sup>78</sup>
- Le nombre de fixation<sup>79</sup>
- La durée des saccades

Ce niveau d'étude permet d'analyser l'image dans son intégralité. Dans le cas où l'analyse porte sur un critère particulier, l'analyse doit être réalisée au niveau micro.

Au niveau micro, les caractéristiques généralement étudiées sont<sup>80</sup> :

- La durée de la première fixation
- La *first pass gaze duration* : la durée des fixations lors du premier regard dans une zone
- La *second pass gaze duration* : la durée des fixations lors du deuxième regard dans une zone

### b) Des critères de variation des fixations et saccades de deux origines

Après avoir détaillé les analyses généralement utilisées dans la technique de l'*eye-tracking*, il semble nécessaire de définir comment évoluent les caractéristiques des saccades et fixations en fonction du lecteur. Dans les prochains paragraphes seront expliqués les principales relations qui existent entre l'objet regardé, le comportement oculaire du lecteur et le niveau de compétence et de connaissance de ce dernier.

---

<sup>77</sup> DUCHOWSKI Andrew T. – A Breadth-First Survey of Eye Tracking Applications. – Behavior Research Methods. – vol. 34, 2002. – pp. 455-470

<sup>78</sup> Ibid.

<sup>79</sup> SALVUCCI Dario D., ANDERSON John R. – Tracing Eye Movement Protocols with Cognitive Process Models, In Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. – pp. 923-928

<sup>80</sup> DUCHOWSKI Andrew T. – A Breadth-First Survey of Eye Tracking Applications. – Behavior Research Methods. – vol. 34, 2002. – pp. 455-470

Dans leur étude, KURLAND Laure & al. montrent l'existence d'une relation entre le niveau de connaissance et de compétence et la longueur moyenne des saccades et la durée moyenne de fixation

	durée de fixation	longueur moyenne des saccades	fréquence moyenne de fixation
experts	189 ms	52 mm	189
novices	260 ms	65 mm	187

**Figure 16: Comparaison des caractéristiques des mouvements oculaires entre experts et novices<sup>81</sup>**

Les novices ont des durées de fixations plus importantes, qui s'expliquent par un traitement de l'information (décodage, comparaison et mise en relation) plus lent (en raison de l'écart de connaissance) et des amplitudes de saccades plus importantes (stratégie de recherche plus confuse due à la différence de compétences).

Les experts regardent plus vite et ont des saccades plus petites : ils ont construit au cours de leurs précédentes expériences professionnelles un modèle de recherche plus efficace<sup>82</sup>.

En plus de l'expérience du destinataire, les caractéristiques intrinsèques de la carte influent sur les mouvements oculaires.

Il a été précisé précédemment que le processus de lecture et de compréhension résulte du nombre d'itérations pour agréger des objets proches. Ainsi, la durée de fixation augmente lorsque diminue la lisibilité qui est fonction<sup>83</sup> :

- De l'encombrement du dessin (densité graphique) ;
- Du rapport entre les deux dimensions du plan (lisibilité angulaire) : trois formes peuvent-être distinguées (point, croix, trait). L'utilisation d'une représentation stéréotypique permet une reconnaissance plus aisée<sup>84</sup> ;
- De la mise en valeur de la variable de la troisième dimension (lisibilité rétinienne) : « *la forme doit être séparée du fond* ». Ce facteur de lisibilité a été étudié par Elisabeth CHESNEAU qui a montré l'importance du contraste de couleur<sup>85</sup>.

<sup>81</sup> KURLAND Laura et al. – Using Cognitive Task Analysis and Eye Tracking to Understand Imagery Analysis. – 2005. – 4 p.

<sup>82</sup> Ibid.

<sup>83</sup> BONIN Serge. – Initiation à la graphique. – Annales. Economie, Sociétés, Civilisations, 1978, Vol. 33, Num. 4. – pp.743-745

<sup>84</sup> MEUNIER Jean-Pierre, PERAYA Daniel. – Sémiotique et cognition : voyage autour de quelques concepts, In L'image mentale I. – 1988. – pp. 16-28

<sup>85</sup> CHESNEAU Elisabeth. – Propositions méthodologiques pour l'amélioration automatique des contrastes de couleur - application aux cartes de risque. – Cybergeog : Revue européenne de géographie, N° 360, 2006. – 13 p.

En plus d'influer sur la durée des fixations, les caractéristiques intrinsèques de la carte peuvent influencer sur leur nombre ou sur les saccades (nombre, amplitude). Ainsi le nombre de saccades avant une décision augmente comme une fonction linéaire de la taille de l'écran et un élément textuel modifie le comportement oculaire <sup>86</sup> :

- Fixations de 60 à 500 ms (250 ms en moyenne)
- 85% des saccades se font de gauche à droite
- Saccades de 7 à 9 lettres de longueur

Ces facteurs ont été étudiés par GENELOT Emilie et GRAZIANO Maxime dans leur projet de fin d'étude 2008/2009 en se basant sur plusieurs critères :

- Les caractéristiques intrinsèques des cartes (positions des éléments constitutifs de la carte, complexité de ces éléments, ...)
- Les compétences et connaissances des lecteurs :
  - Témoins : peu ou pas de compétences et connaissances
  - Utilisateurs
  - Concepteurs

La même approche sera réalisée mais elle sera placée dans le contexte de la gestion du risque d'inondation. Pour cela, les caractéristiques des cartes ne seront pas modifiées (utilisation du même jeu de cartes) mais l'échantillonnage des sujets testés sera changé de la manière suivante :

- Population témoin : peu ou pas de compétences et connaissances ;
- Population habituée : habitude plus ou moins importante de la lecture de carte et des grands principes de l'urbanisme ;
- Gestionnaires du risque : acteurs locaux de la gestion du risque d'inondation.

---

<sup>86</sup> LIVERSEDGE Simon P., FINDLAY John M. – Saccadic eye movements and cognition. – L'année psychologique, Volume 85, Numéro 1, 1985. – pp. 101 – 135

### **3. Tests d'acuité visuelle et de perception de la couleur : suppression des interférences oculaires**

---

Afin de limiter les interférences inhérentes à la vision du lecteur, deux tests sont ajoutés au protocole utilisé par GENELOT Emilie et GRAZIANO Maxime. Ces tests ont été sélectionnés pour leur rapidité de réalisation (moins de 4 minutes pour les deux tests) et parce qu'ils décèlent les deux interférences les plus couramment rencontrées.

Cette première phase se base sur :

- Le **test d'acuité visuelle** qui permet de vérifier que le lecteur est apte à voir suffisamment de détails sur les cartes projetées. Ce test, dit test de **Parinaud 2**, est réalisé grâce à une plaque murale et complété par la lecture d'une planche de texte normalisé.
- Le **test d'Ishihara** qui permet de déceler si un lecteur est atteint de cécité chromatique, partielle ou totale, aussi appelé daltonisme. Cette cécité est la forme la plus commune de cécité congénitale des couleurs. Il est privilégié au test FARNSWORTH 15 HUE (standard ou désaturé) en raison de sa rapidité de réalisation et d'analyse. Ce test permet d'éliminer des paramètres extérieurs qui altéreraient les résultats ou de prendre en compte cette différence dans l'interprétation des résultats. Il est composé de 25 planches colorées représentant ou non des nombres. Le nombre perçu dépend de la nature de la cécité chromatique.

Ces deux tests sont effectués par une orthoptiste diplômée, Mme Christine SERRHINI.

Les sujets testés ont tous une acuité visuelle de 10/10 à chaque œil et aucun ne souffre de cécité chromatique. Aucun prétraitement des données pour prendre en compte une quelconque interférence visuelle n'est nécessaire.

## 4. Analyse des résultats de l'enquête cognitive de l'oculovisiométrie

---

L'échantillon utilisé pour cette partie de l'expérience comprend 31 sujets test répartis de la manière suivante :

- 5 sujets témoins : orthoptistes ou élèves-orthoptistes
- 16 sujets habitués : élèves-ingénieurs et enseignants-chercheurs
- 10 gestionnaires : directeurs de service, pompiers du SDIS 37, ...

### 41. La qualité globale de la carte : une appréciation homogène pour les différents destinataires

Après chacune des neuf cartes, chaque sujet évalue cinq composantes :

- La complexité : difficulté à lire et comprendre la carte, la valeur est ici inversée c'est-à-dire que plus une carte est facile à lire, plus sa note est élevée ;
- La densité d'information : la quantité d'information, la valeur est ici également inversée c'est-à-dire que plus une carte est sobre d'informations plus la note est haute ;
- L'innovation : la nouveauté de la carte tant dans l'information représentée que dans la façon de la représenter ;
- L'esthétisme : la qualité graphique (contrastes, position des éléments, ...)
- L'utilité : la qualité de l'information par rapport au thème de la carte.

Contrairement à l'approche utilisée par GENELOT Emilie et GRAZIANO Maxime, l'analyse n'est pas réalisée par carte mais par critère. Cette approche permet de définir plus clairement les facteurs qui influent sur les critères. Plutôt que de rechercher les critères dont les notes sont les extrema, ceux-ci sont recherchés pour chaque critère.

Les tableaux suivants représentent la somme des notes décernées par l'ensemble du panel puis de chaque catégorie de destinataires pour chaque critère et chaque carte avec la typologie suivante :

100	Note maximale pour la catégorie étudiée
10	Note minimale pour la catégorie étudiée
100	Note maximale pour l'ensemble du panel
10	Note minimale pour l'ensemble du panel

La présentation des résultats se fait dans l'ordre suivant :

- Ensemble du panel
- Gestionnaires
- Population habituée
- Population témoin

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité	
carte 1	88	54	62	89	82	375
carte 2	107	81	58	84	89	419
carte 3	80	74	77	83	93	407
carte 4	87	68	81	90	122	448
carte 5	120	115	81	99	101	516
carte 6	101	98	80	92	119	490
carte 7	87	66	83	89	107	432
carte 8	92	82	94	106	111	485
carte 9	122	96	84	94	116	512
	884	734	700	826	940	

**Figure 17: Synthèse de l'appréciation de la carte par l'ensemble du panel**

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité
complexité	1,00	0,81	0,02	0,33	0,16
densité d'info.		1,00	0,34	0,46	0,34
innovation			1,00	0,70	0,75
esthétisme				1,00	0,42
utilité					1,00

**Figure 18: Coefficient de corrélation entre les différents critères pour l'ensemble du panel**

Pour l'ensemble du panel :

- La complexité augmente avec la quantité ET la diversité de l'information comme le montre les cas de la carte 1 et 3. La carte 1 présente le plus d'aplots mais la carte 3 paraît plus complexe (carte en deux langues, légende sur trois colonnes, différents types de figurés).
- L'utilité de la carte est légèrement influencée par son caractère innovant et dans une moindre mesure par son esthétisme.
- La carte 4 apparaît comme la carte la mieux conçue.

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité	
carte 1	27	18	21	27	28	121
carte 2	27	23	20	27	29	126
carte 3	24	21	29	29	31	134
carte 4	30	24	29	34	37	154
carte 5	38	35	28	32	32	165
carte 6	34	34	24	31	39	162
carte 7	26	23	25	33	34	141
carte 8	29	26	35	36	34	160
carte 9	38	31	30	32	39	170
	273	235	241	281	303	

**Figure 19: Synthèse de l'appréciation de la carte par les gestionnaires**

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité
complexité	1,00	0,89	0,24	0,30	0,57
densité d'info.		1,00	0,27	0,38	0,62
innovation			1,00	0,81	0,44
esthétisme				1,00	0,63
utilité					1,00

**Figure 20: Coefficient de corrélation entre les différents critères pour les gestionnaires**

Pour les gestionnaires :

- La complexité augmente avec la quantité ET la diversité de l'information comme le montre les cas de la carte 1 et 3. La carte 1 présente le plus d'aplats mais la carte 3 paraît plus complexe (carte en deux langues, légende sur trois colonnes, différents types de figurés).
- L'utilité de la carte est légèrement influencée par son esthétique et dans une moindre mesure par son côté innovant.
- La carte la plus adaptée semble être la carte 9 : fond de carte simplifié, fort contraste de couleurs, légende visible
- La carte la moins pertinente est la carte 1 Elle présente les caractères opposés de la carte 8 : fond de carte chargé, légende peu visible.

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité	
carte 1	45	29	31	48	39	192
carte 2	62	43	28	43	46	222
carte 3	44	44	36	36	44	204
carte 4	48	36	38	40	66	228
carte 5	68	67	40	50	51	276
carte 6	54	51	45	47	63	260
carte 7	49	33	43	41	56	222
carte 8	48	43	45	50	60	246
carte 9	69	51	42	45	59	266
	487	397	348	400	484	

**Figure 21: Synthèse de l'appréciation de la carte par la population avisée**

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité
complexité	1,00	0,74	0,05	0,36	0,12
densité d'info.		1,00	0,32	0,38	0,16
innovation			1,00	0,25	0,75
esthétisme				1,00	0,07
utilité					1,00

**Figure 22: Coefficient de corrélation entre les différents critères pour la population avisée**

Pour la population avisée:

- La complexité augmente avec la quantité ET la diversité de l'information comme le montre les cas de la carte 1 et 3. La carte 1 présente le plus d'aplats mais la carte 3 paraît plus complexe (carte en deux langues, légende sur trois colonnes, différents types de figurés). Cependant la corrélation entre complexité et densité d'information est moins élevée que pour les gestionnaires.
- L'utilité de la carte est légèrement influencée par son côté innovant.
- La carte la plus adaptée semble être la carte 5 : fort contraste de couleurs, légende simple.
- Les cartes les moins pertinentes sont les cartes à l'échelle nationale (cartes 1 à 3).

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité	
carte 1	16	7	10	14	15	62
carte 2	18	15	10	14	14	71
carte 3	12	9	12	18	18	69
carte 4	9	8	14	16	19	66
carte 5	14	13	13	17	18	75
carte 6	13	13	11	14	17	68
carte 7	12	10	15	15	17	69
carte 8	15	13	14	20	17	79
carte 9	15	14	12	17	18	76
	124	102	111	145	153	

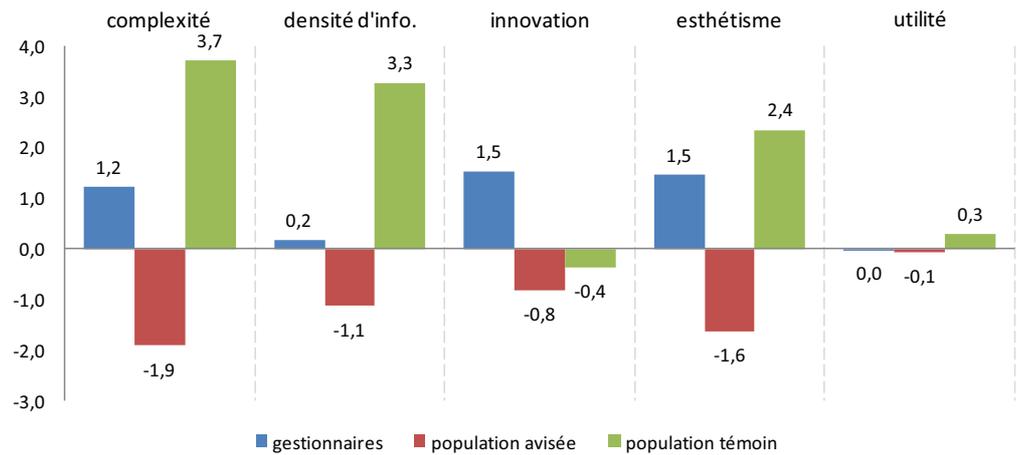
**Figure 23: Synthèse de l'appréciation de la carte par la population témoin**

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité
complexité	1,00	0,54	-0,64	-0,15	-0,81
densité d'info.		1,00	-0,14	0,12	-0,19
innovation			1,00	0,52	0,66
esthétisme				1,00	0,53
utilité					1,00

**Figure 24: Coefficient de corrélation entre les différents critères pour la population témoin**

Pour la population témoin:

- L'utilité est inversement croissante à la complexité de la carte
- La diversité de figurés et d'aplats semble être secondaire dans la complexité.
- La carte la plus adaptée semble être la carte 8 : fort contraste de couleurs, légende simple, structure organisée de haut en bas (titre, élément graphique, légende)
- La carte la moins pertinente est la carte 1. Bien que n'étant pas considérée comme complexe, la densité d'information est trop importante.



**Figure 25: Ecart de la note à la moyenne pour chaque catégorie de destinataires<sup>87</sup>**

La population témoin (en vert sur le graphique) est **plus sensible à la complexité, à la densité d'informations de la carte et à l'esthétisme** (note plus basse de 2,4 à 3,7 points) que la population avisée et les gestionnaires. Elle est également un peu plus critique quant à l'utilité des cartes. Cela peut s'expliquer par l'importance de la complexité, de la densité d'information et de l'esthétisme pour la population témoin qui est plus sensible à ces critères (somme des notes moyennes plus basse) comme le montre le tableau suivant.

La population avisée est la moins sensible aux différents critères. Cela peut s'expliquer par une compétence et une connaissance de la carte plus développées que la population témoins et un point de vue plus critique (opposition société civile – services publiques).

Les gestionnaires se situent entre les deux autres catégories, excepté pour le critère innovation. Cela montre leur sensibilité à **explorer d'autres représentations** afin d'arriver à une représentation plus pertinente que celle utilisée aujourd'hui, sans doute en raison de leur place charnière dans l'échelonnement de la gestion du risque.

	complexité	densité d'info.	innovation	esthétisme	utilité
ensemble du panel	28,5	23,7	22,6	26,6	30,3
gestionnaires	27,3	23,5	24,1	28,1	30,3
population avisée	30,4	24,8	21,8	25,0	30,3
population témoins	24,8	20,4	22,2	29,0	30,6

**Figure 26: Somme des notes moyennes de chaque critère pour chaque catégorie**

Après l'analyse globale de la carte, l'étude de quelques facteurs tels que l'échelle, le fond de carte, la complexité de la légende et la position relative des éléments va permettre d'affiner l'impact de ceux-ci sur la compréhension de la carte.

<sup>87</sup> Ce graphique représente pour chacun des critères l'écart entre la note de l'ensemble du panel avec la note moyenne de chaque catégorie.

Pour les critères complexité et densité d'information, les écarts ont été corrigés par l'opposé de l'écart à la moyenne du panel afin d'annuler la correction utilisée pour l'analyse précédente. Ainsi une valeur positive de l'écart à la moyenne du panel signifie pour tous les critères que la catégorie d'acteurs est plus sensible à ce critère.

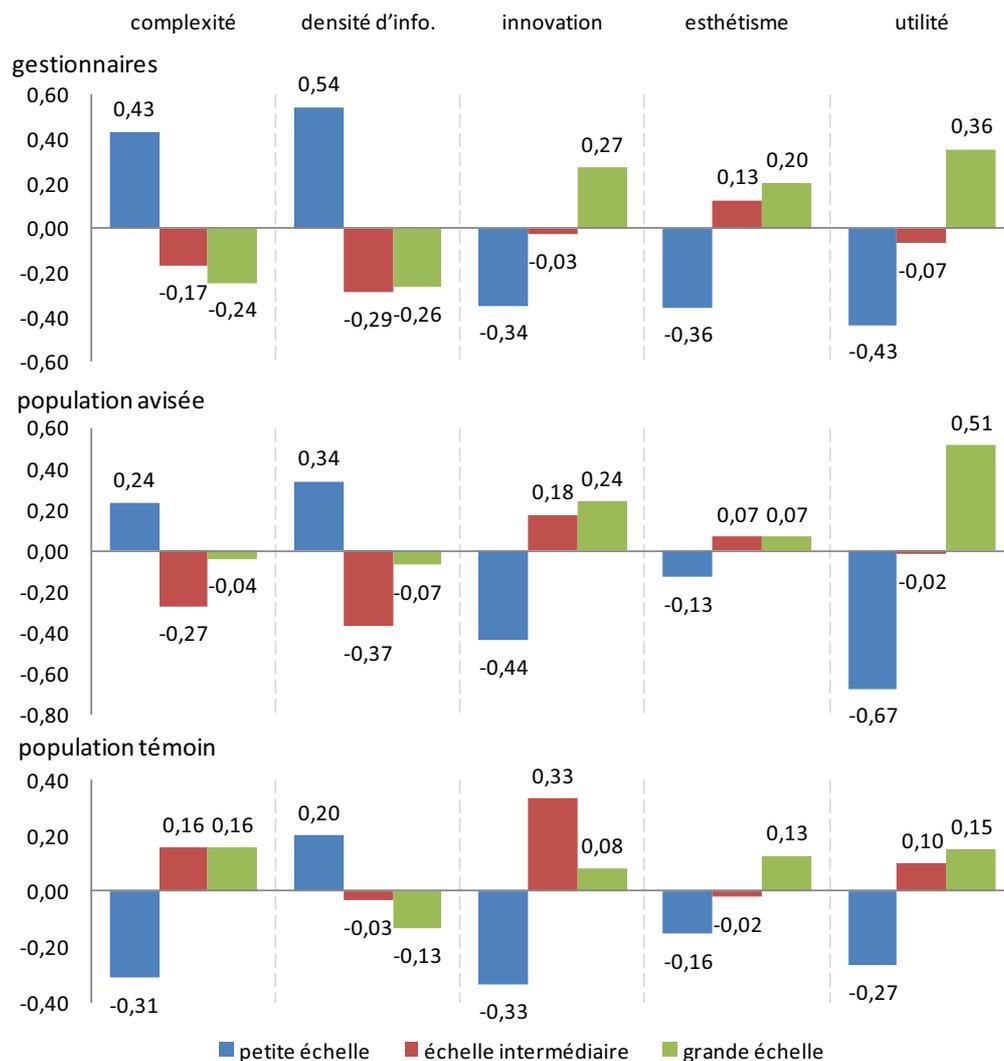
## 42. L'échelle de la carte : la pertinence du zoom

Afin d'estimer l'influence de l'échelle sur les critères étudiés, les cartes sont regroupés en trois groupes :

- Les cartes à petite échelle : cartes 1 à 3, elles permettent une vue très globale du phénomène cartographié.
- Les cartes à échelle intermédiaire : cartes 4, 5 et 7, elles permettent d'avoir une vision large du phénomène tout en acceptant une information affinée
- Les cartes à grande échelle : cartes 6, 8 et 9, elles montrent le phénomène de façon précise avec une finesse de détails supérieure aux autres échelles.

Certaines cartes ne présentent pas d'échelle précise. Le regroupement des cartes est fait de la manière suivante :

- Un groupe comportant les trois cartes à l'échelle nationale
- Un groupe comportant les deux cartes à l'échelle locale (communale et intercommunale) et la carte au 1/5000
- Un groupe comportant des cartes aux échelles 1/25 000 et 1/75 000



**Figure 27: Influence de l'échelle de la carte<sup>88</sup>**

L'échelle la plus pertinente pour rendre une carte utile est une **grande échelle** c'est-à-dire une échelle représentant un territoire proche de celui que vit le lecteur.

Le constat est similaire pour l'esthétique.

Il ne semble pas exister de lien fort entre innovation et échelle excepté qu'une carte à petite échelle n'est pas considérée comme innovante.

La densité d'information semble avoir plus d'importance dans les cartes à petite échelle, surtout pour les acteurs habitués aux cartes.

Un contraste est observable pour la complexité entre la petite échelle et les autres échelles. Pour les acteurs habitués (gestionnaires et population avisée), la complexité est plus importante lorsque l'échelle est petite. Le résultat est inverse pour la population témoin. Cela pourrait s'expliquer par le référentiel (le territoire national) facilement reconnaissable.

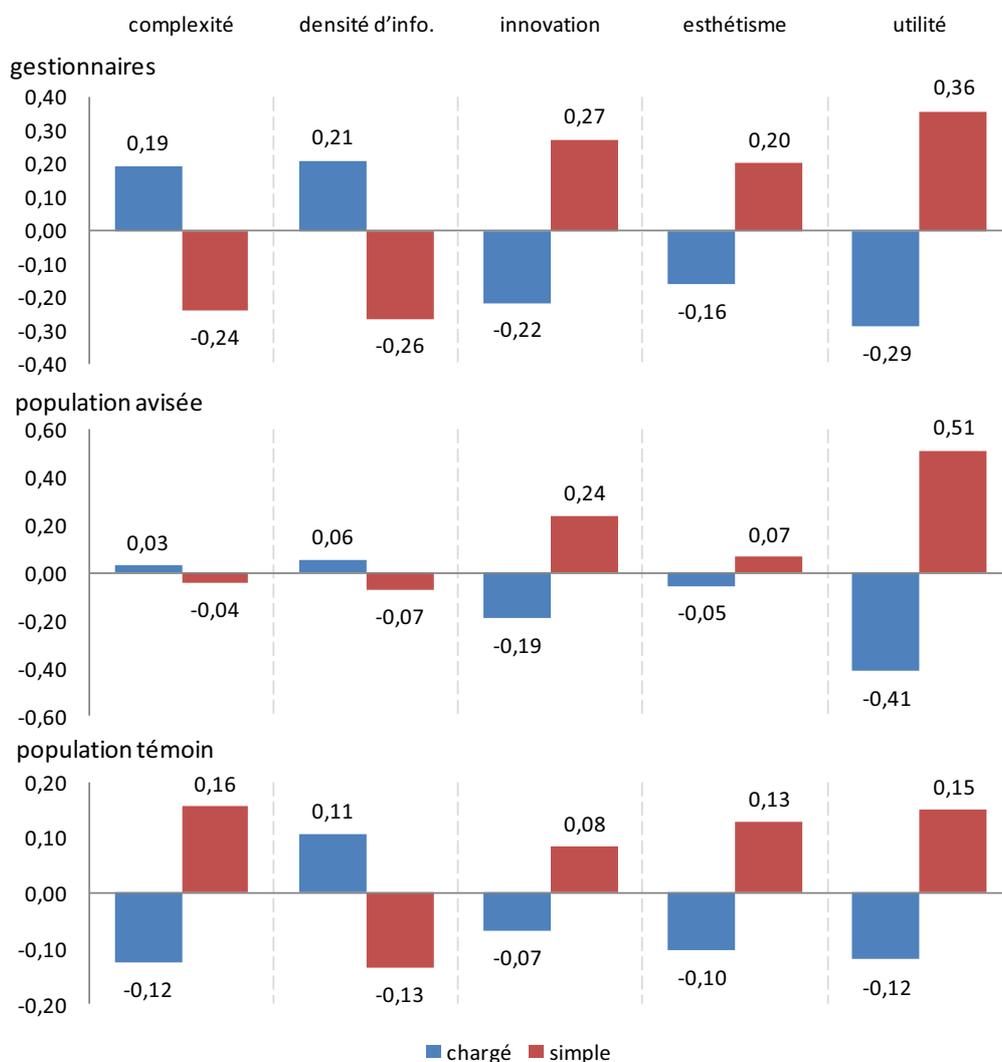
<sup>88</sup> Ce graphique représente pour chacun des critères l'écart entre la moyenne sur l'ensemble des cartes et la moyenne sur les cartes regroupées par échelle.

Pour les critères complexité et densité d'information, les écarts ont été corrigés par l'opposé de l'écart à la moyenne du panel afin d'annuler la correction utilisée pour l'analyse précédente. Ainsi une valeur positive de l'écart à la moyenne du panel signifie pour tous les critères que la catégorie d'acteurs est plus sensible à ce critère.

### 43. Le fond de carte : l'efficacité dans la sobriété

Afin d'estimer l'influence du fond de carte sur les critères étudiés, les cartes sont regroupés en deux groupes :

- Les cartes à fond chargé : cartes 1, 2, 3, 5 et 7, elles présentent un fond coloré.
- Les cartes à fond simple : cartes 4, 6, 8 et 9, elles ont un fond de carte avec peu ou pas de couleurs.



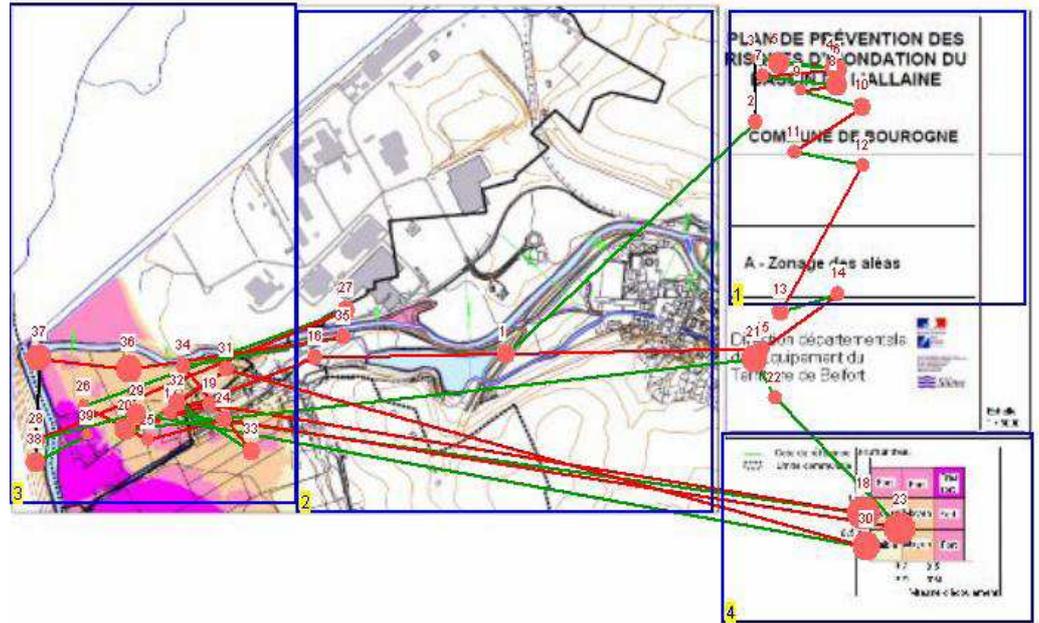
**Figure 28: Influence du fond de carte<sup>89</sup>**

Un fond de carte simple est préférable à un fond de carte chargé car il est permet d'avoir un jugement plus favorable de la part du lecteur (critères innovation, esthétique, utilité supérieurs et complexité et densité d'information plus faible). Il faut cependant laisser suffisamment d'informations auxiliaires comme les limites de territoire ou des lieux de référence afin de faciliter la localisation du phénomène cartographié.

<sup>89</sup> Ce graphique représente pour chacun des critères l'écart entre la moyenne sur l'ensemble des cartes et la moyenne sur les cartes regroupées par échelle.

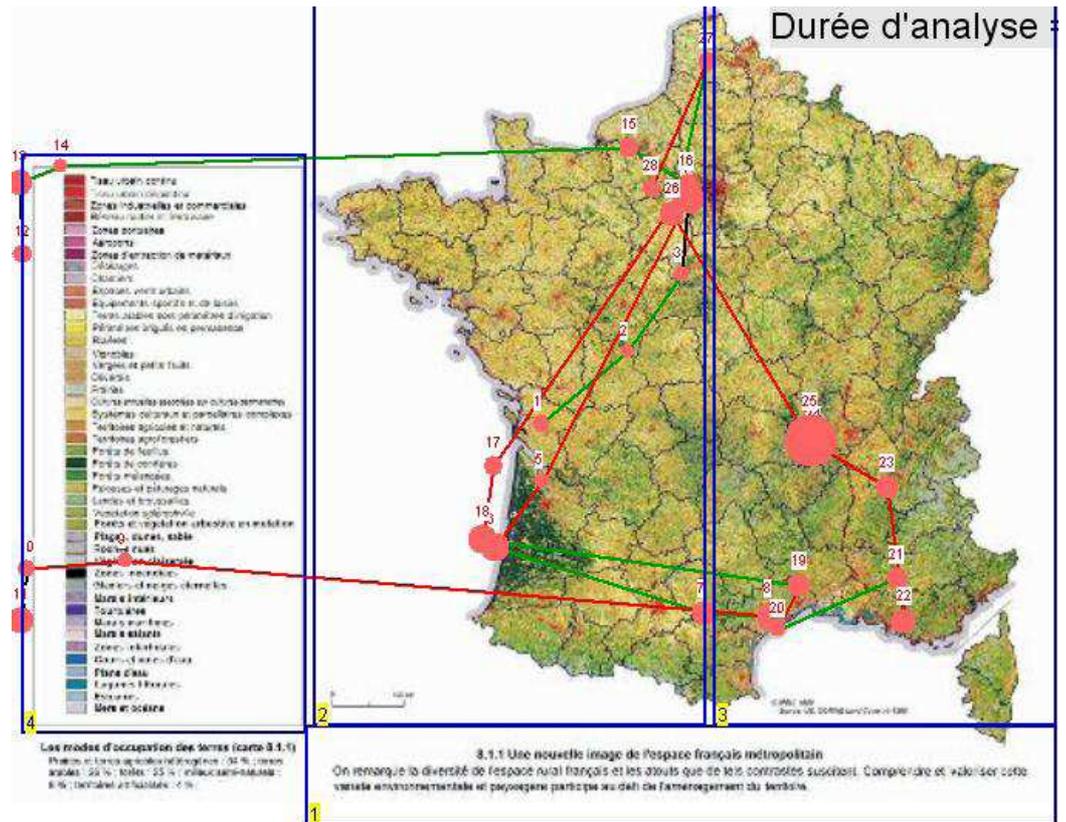
Pour les critères complexité et densité d'information, les écarts ont été corrigés par l'opposé de l'écart à la moyenne du panel afin d'annuler la correction utilisée pour l'analyse précédente. Ainsi une valeur positive de l'écart à la moyenne du panel signifie pour tous les critères que la catégorie d'acteurs est plus sensible à ce critère.

Il faut cependant modérer les résultats pour la densité d'informations qui dépend principalement du nombre d'information de la légende.



**Figure 29: Mouvements oculaires sur la carte 6**

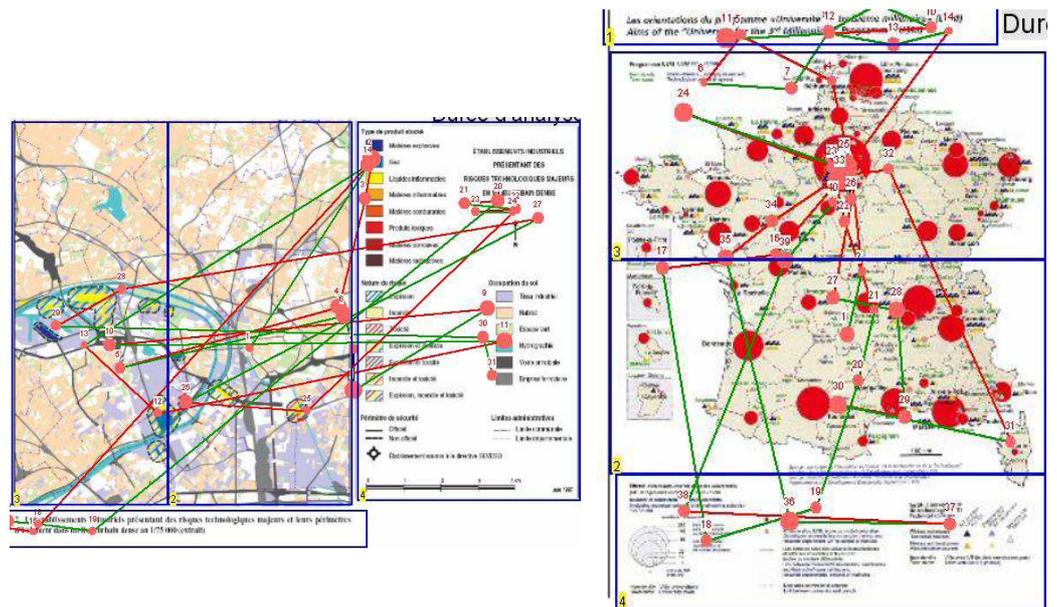
La carte 6 se caractérise par un contraste fort entre le fond de carte et les informations représentées. Le regard est par conséquent attiré vers les zones très colorées (zones inondées), délaissant les zones inintéressantes de la carte.



**Figure 30: Mouvements oculaires sur la carte 1**

La carte 1 se caractérise par un fond de carte homogène entièrement rempli par l'information. Il peut être assimilé à un fond de carte chargé sur lequel est ajouté de l'information. L'œil n'est ici pas attiré pas la couleur (trop peu de contraste) et navigue sur l'ensemble de l'élément graphique.

Ce phénomène n'est pas tributaire de l'échelle car le même constat est observé sur d'autres cartes :



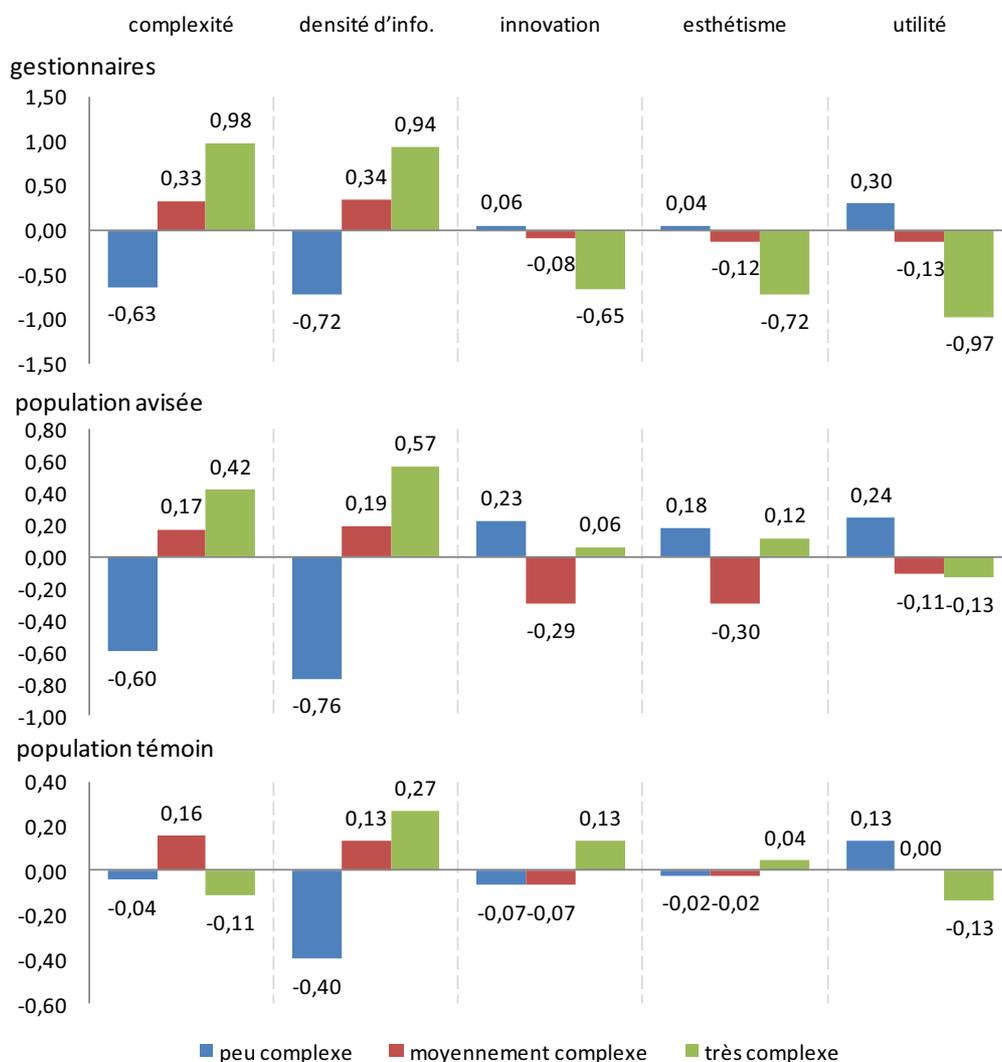
**Figure 31: Fixations sur les cartes 7 (à gauche) et 2 (à droite)**

Les fixations sont centralisées sur les cercles rouges dans la carte de droite tandis qu'elles sont dispersées sur la carte de gauche.

## 44. La complexité de la légende :

Afin d'estimer l'influence de la complexité sur les critères étudiés, les cartes sont regroupées en trois groupes :

- Les cartes à légende peu complexe : cartes 9, 5 et 6
- Les cartes à légende moyennement complexe : cartes 4, 3 et 2
- Les cartes à légende très complexe : cartes 1, 8 et 7



**Figure 32: Influence de la complexité de la légende<sup>90</sup>**

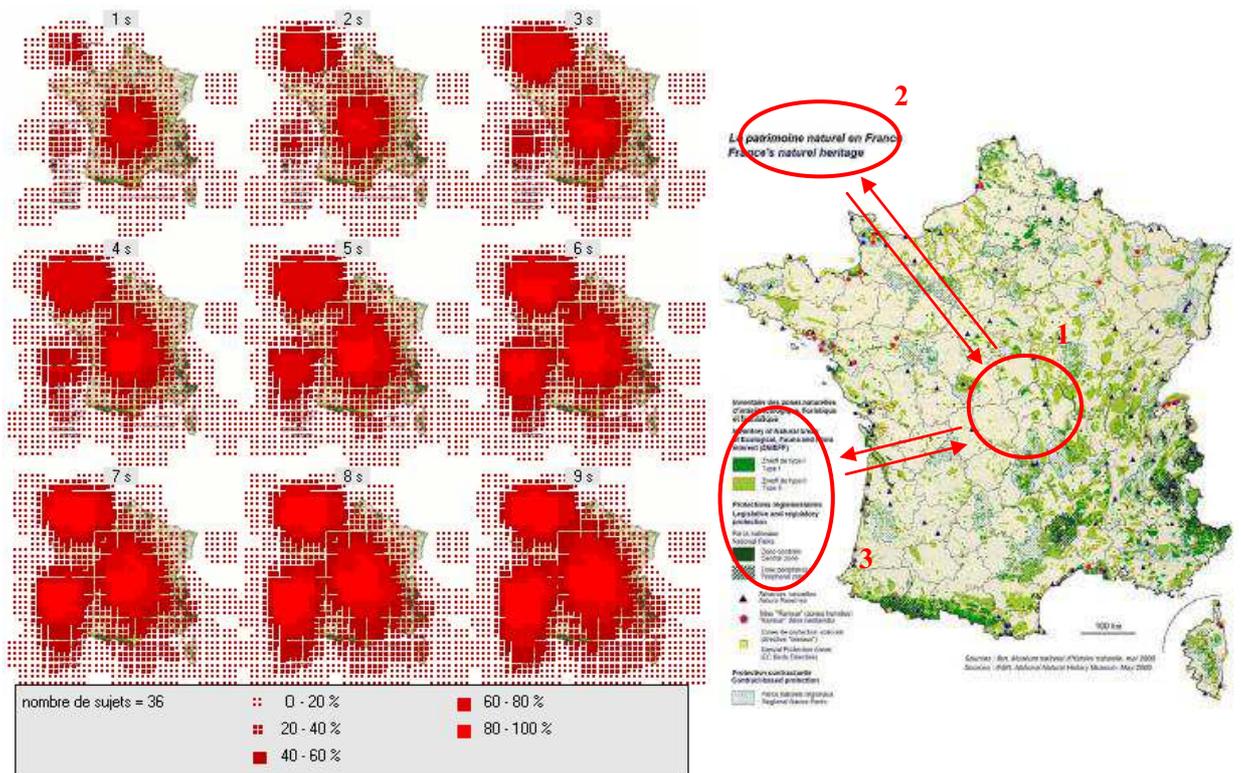
La complexité globale de la carte augmente en fonction de la complexité de la légende excepté pour la population témoin. Ceci peut s'expliquer par le fait que la population témoin se concentre sur la lecture d'une partie seulement de la légende. Une carte avec une légende complexe limite l'utilité de la carte.

<sup>90</sup> Ce graphique représente pour chacun des critères l'écart entre la moyenne sur l'ensemble des cartes et la moyenne sur les cartes regroupées par échelle.

Pour les critères complexité et densité d'information, les écarts ont été corrigés par l'opposé de l'écart à la moyenne du panel afin d'annuler la correction utilisée pour l'analyse précédente. Ainsi une valeur positive de l'écart à la moyenne du panel signifie pour tous les critères que la catégorie d'acteurs est plus sensible à ce critère.

## 45. La localisation relative des éléments de la carte responsable d'une attractivité parasite

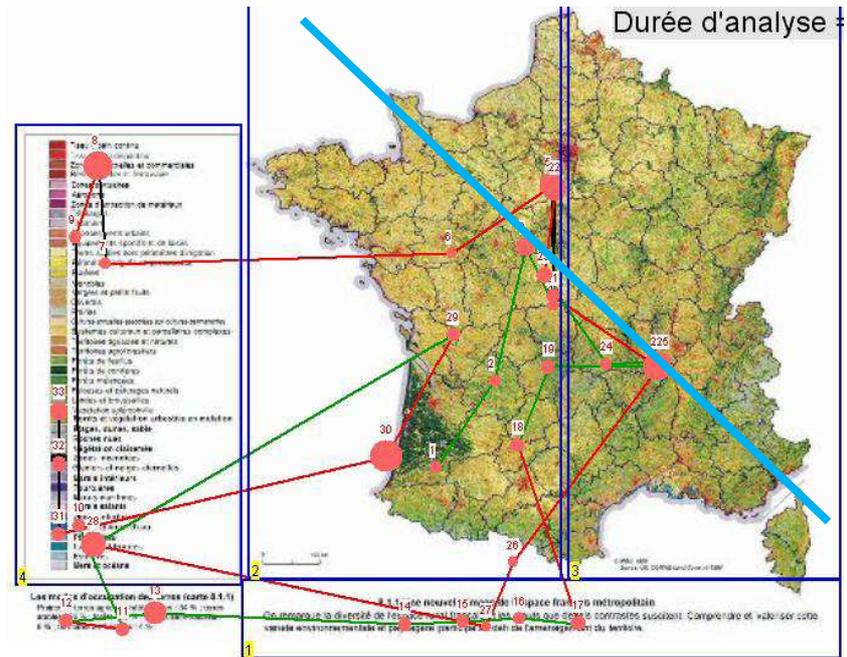
Outre leurs caractéristiques intrinsèques qui influent sur la stratégie du regard, la position des éléments les uns par rapport aux autres affecte les zones regardées tant spatialement que temporellement.



**Figure 33: Centres d'intérêt durant les 9 premières secondes**

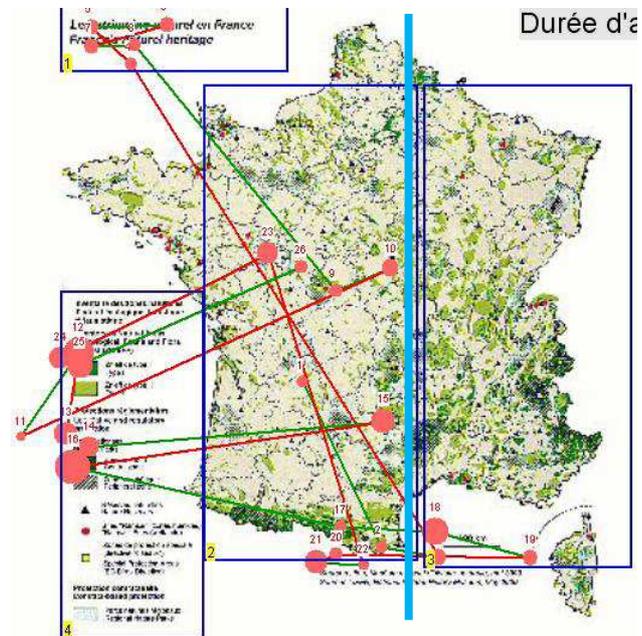
L'analyse des zones d'intérêt montre que la stratégie du regard des lecteurs est généralement du type : zone graphique – titre – zone graphique – légende – zone graphique.

A l'attrait conscient des éléments qui induit une attractivité temporelle s'ajoute un attrait inconscient qui conduit à une attractivité spatiale.



**Figure 34: Mouvements oculaires sur la carte 1**

Sur la carte 1 la légende et à gauche et le titre en bas. Les fixations sur l'élément graphique sont majoritairement situées sous la diagonale qui va du coin en haut à gauche vers le coin en bas à droite. La même constatation est réalisée sur une carte où la légende et le titre sont du même côté de la carte.



**Figure 35: Mouvements oculaires sur la carte 1**

Cependant une analyse statistique des mouvements oculaire couplée à une enquête cognitive ne permet pas de définir certains paramètres tels que l'organisation privilégiée de la carte.