



HAL
open science

Caractérisation et origine des "creuses" : approche sous SIG (exemples en Thiérache)

Pierre Taborelli, Laurent Chalumeau, Guillaume Pierre, Alain Devos, Jonathan Roger Michel Henri Lenoir, Gilles Fronteau, Olivier Lejeune, Nicolas Bollot

► To cite this version:

Pierre Taborelli, Laurent Chalumeau, Guillaume Pierre, Alain Devos, Jonathan Roger Michel Henri Lenoir, et al.. Caractérisation et origine des "creuses" : approche sous SIG (exemples en Thiérache). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 2016, 10, pp.135-151. hal-03276643

HAL Id: hal-03276643

<https://hal.science/hal-03276643v1>

Submitted on 2 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CARACTÉRISATION ET ORIGINE DES "CREUSES" : APPROCHE SOUS SIG (EXEMPLES EN THIÉRACHE)

Pierre TABORELLI ⁽¹⁾, Laurent CHALUMEAU ⁽¹⁾, Guillaume PIERRE ⁽¹⁾, Alain DEVOS ⁽¹⁾,
Jonathan LENOIR ⁽²⁾, Gilles FRONTEAU ⁽³⁾, Olivier LEJEUNE ⁽¹⁾ et Nicolas BOLLOT ⁽¹⁾

(1) : EA 3795-GEGENAA, Université de Reims Champagne-Ardenne, BP 30, 57 rue Pierre Taittinger, 51571 REIMS cedex. Courriels : pierre.taborelli@univ-reims.fr ; laurent.chalumeau@univ-reims.fr ; guillaume.pierre@univ-reims.fr ; alain.devos@univ-reims.fr ; olivier.lejeune@univ-reims.fr ; nicolas.bollot@univ-reims.fr

(2) : FRE 3498 CNRS-UPJV EDYSAN, Université de Picardie Jules Verne, 1 rue des Louvels, 80037 AMIENS cedex 1. Courriel : jonathan.lenoir@u-picardie.fr

(3) : EA 3795-GEGENAA, Université de Reims Champagne Ardennes, 2 Esplanade Roland Garros, 51100 REIMS. Courriel : gilles.fronteau@univ-reims.fr

RÉSUMÉ : Les "creuses" se définissent comme des ravins boisés à écoulement intermittent entaillant les plateaux crayeux du nord du Bassin Parisien. Ce sont des formes héritées de périodes froides qui traduisent une concentration des eaux en régime torrentiel et qui se raccordent, en aval, à des vallons secs ou à des vallées à écoulement pérenne. Les creuses jouent également un rôle de micro-refuges de biodiversité dans un milieu de grande culture fortement anthropisé. L'analyse systématique sous système d'information géographique (SIG) de 98 creuses par détermination de leurs paramètres morphométriques à l'échelle de l'entité et par l'étude de leur organisation spatiale à l'échelle du bassin versant met en évidence le rôle respectif de la dynamique de surface et de la structure géologique dans leur géométrie et leur localisation.

MOTS-CLÉS : creuse, SIG, morphométrie, hydrographie, Thiérache.

ABSTRACT : "Creuses" are wooded ravine-like incisions with intermittent flowing that cut the chalky plateaus of the northern Paris Basin. They were formed during periglacial Quaternary periods, as a result of the concentration of the surface runoff leading to torrential flow. Nowadays, these landforms constitute specific environments and reservoirs of biodiversity in a field crops landscape. The determination of the morphometrical parameters and the analysis of the spatial distribution of 98 "creuses", held in a GIS, allow to highlight the respective role of the surface processes and the geological structure in their geometrical features and their localization within the watershed.

KEY-WORDS : creuse, GIS, morphometry, hydrography, Thiérache.

I - INTRODUCTION

1) Problématique

Les ravins boisés entaillant les plateaux crayeux du Nord de la France sont désignés sous le terme de "creuse" par J. GOSSELET (1906), qui les décrit en Artois et en Picardie. Ces ravins, de morphologie typique, sont longs de 0,5 à 2 kilomètres, étroits (de 5 à 6 mètres) et profonds (10 mètres ou plus) ; leurs parois sont abruptes et leurs terminaisons en "*cul-de-sac*" (Photos 1). J. GOSSELET les attribue à une dissolution de la craie, prélude à un effondrement de drains souterrains calés sur des diaclases. Il constate également que la partie amont des creuses forme une dépression semi-circulaire où aboutit le ruissellement de surface. En 1905, A. DEMANGEON avait déjà observé ces formes en remarquant que "*seules des averses d'orage*

ou des pluies prolongées ruissellent sur les pentes et jettent dans les ravins secs, des torrents d'eau". Il attribue leur formation au ruissellement dû à l'imperméabilisation de la craie par un pergélisol, au déboisement et au défrichement, ainsi qu'à la saturation de la craie lors de phases humides. P. PINCHEMEL (1954), reprenant l'hypothèse karstique, ajoute à la description topographique de J. GOSSELET : "leur terminaison aval est souvent tout aussi brutale que leur tête, la contre-pente étant associée à une bétoire", désignant ainsi la présence d'une perte, interrompant l'écoulement subaérien jusqu'à la vallée principale. Il évoque aussi, de façon moins claire, des "vallons-fossés tectoniques". J.P. COLBEAUX et P. BRACQ (1997) expliquent la pente forte des versants des creuses ("bien supérieures à la pente d'équilibre de la craie") par la jeunesse de la forme et leur tracé en baïonnette par la présence de fractures dans la craie. B. LOUCHE *et al.* (1997), soulignant leur fonction réceptrice du ruissellement et constatant l'absence d'exutoire en aval des creuses, les considèrent comme des points préférentiels d'infiltration. Enfin, pour P. LAHOUSSE *et al.*, (2003), l'analyse du remplissage colluvio-alluvial et du modelé d'une creuse picarde plaide en faveur du caractère fluvial de l'incision, acquise dès 30000 BP, et permet de retracer son fonctionnement postglaciaire, fait de creusements et de remblaiements. Du fait de leur forte incision, propice à un découplage entre le topoclimat local et le macroclimat régional, ces entités forment de véritables micro-refuges (S. DOBROWSKI, 2011) où s'accumule de l'air froid, qui contrastent avec les secteurs environnants, plus chauds et essentiellement dédiés à la grande culture. Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, les creuses constituent donc des réservoirs potentiels de biodiversité (B. de FOUCAULT *et al.*, 1997) associés à des services écosystémiques rendus à l'agriculture.

La présente étude repose sur la réalisation et le traitement, dans un Système d'Information Géographique (SIG), d'une base de données sur les creuses de Thiérache. Le traitement des données, issues des bases de données de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), a pour but de préciser la répartition géographique de ces formes et de les caractériser morphométriquement. Croisée avec les données structurales, l'analyse de la répartition des creuses, à l'échelle du bassin versant, permet de poser à nouveau la question de la genèse de ces formes, qui ne conservent, par nature, que peu d'indices de leur fonctionnement hydrogéomorphologique.

2) Localisation

La zone de prospection recouvre le bassin versant du Vilpion en amont de sa confluence avec la Serre à Marle (Fig. 1). D'une superficie globale de 335 km², cette zone peut être subdivisée entre le bassin versant du Vilpion, au sens restreint, à l'ouest et au nord (181 km²), et celui de la rivière Brune, son principal affluent de rive gauche, au sud-est (154 km²). Ces cours d'eau entaillent le plateau faiblement ondulé de la Thiérache, dans la région de Vervins. Le relief, décrit comme une "multitude de petites vallées étroites, encaissées, auxquelles aboutissent des ravins latéraux" (E. CHANTRIOT, 1901), est développé dans la craie blanche à silex du Turonien supérieur, qui est constituée d'une alternance décimétrique de bancs crayeux durs, de lits de silex et de bancs marneux (C. MATHIEU *et al.*, 1971). La craie marneuse du Turonien moyen et inférieur n'affleure que dans les fonds de vallée où la vidange de la nappe de la craie s'effectue par des émergences (Photos 1) et par les rivières drainantes. Sur les interfluvés, la craie du Turonien supérieur est presque entièrement couverte d'argiles à silex *in situ*, parfois remaniées en biefs à silex, surmontées de limons loessiques quaternaires (Fig. 2). Les tracés est-ouest de la rivière Brune et de la partie amont du Vilpion sont parallèles à une ondulation anticlinale dont l'axe passe un peu au nord de Vervins. À l'aval, le Vilpion infléchit son cours vers le sud puis le sud-ouest, conformément au pendage régional



Photos 1 - La creuse de Gercy, en rive gauche du Vilpion.

A : vue générale (Image Google earth, 2006). B : fond du ravin [cliché : Alain DEVOS].
C : zone d'émergence de la nappe, à l'aval de la creuse [cliché : Alain DEVOS].

(C. MATHIEU *et al.*, 1971). La surreprésentation des affluents de rive droite, pour les deux rivières, s'explique également par le pendage sud-ouest de la craie d'environ 0,6 %. Le Vilpion prend sa source à Plomion à 220 m d'altitude et se jette dans la Serre à Marle (79 m d'altitude). Son tracé, d'une longueur d'environ 43 km, a une pente moyenne de 0,37 %. La rivière Brune, longue de 37,5 km, prend sa source à Brunehamel (248 m d'altitude) et se jette dans le Vilpion (88 m d'altitude) ; sa pente moyenne est similaire (0,4 %).

II - MÉTHODOLOGIE

L'étude des creuses est effectuée en plusieurs étapes. Après avoir défini les caractères discriminants permettant de repérer ces formes, elles sont inventoriées puis caractérisées par des indices morphométriques. Pour finir, ces entités sont replacées dans leur contexte hydrographique.

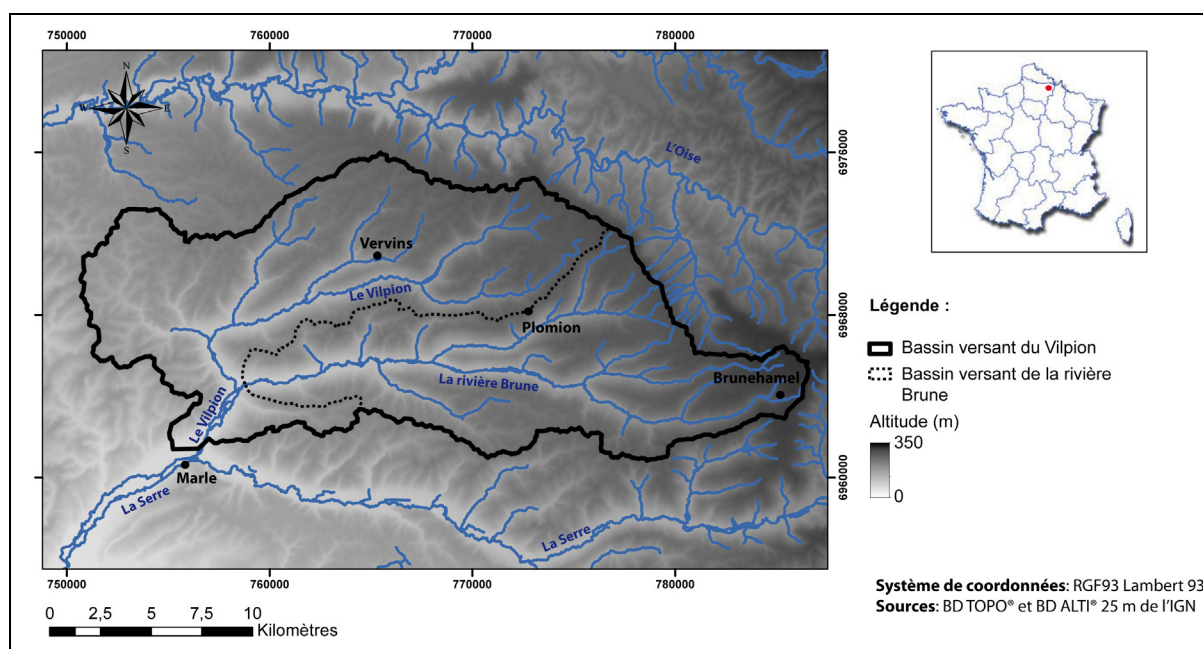


Figure 1 - Localisation du secteur d'étude.

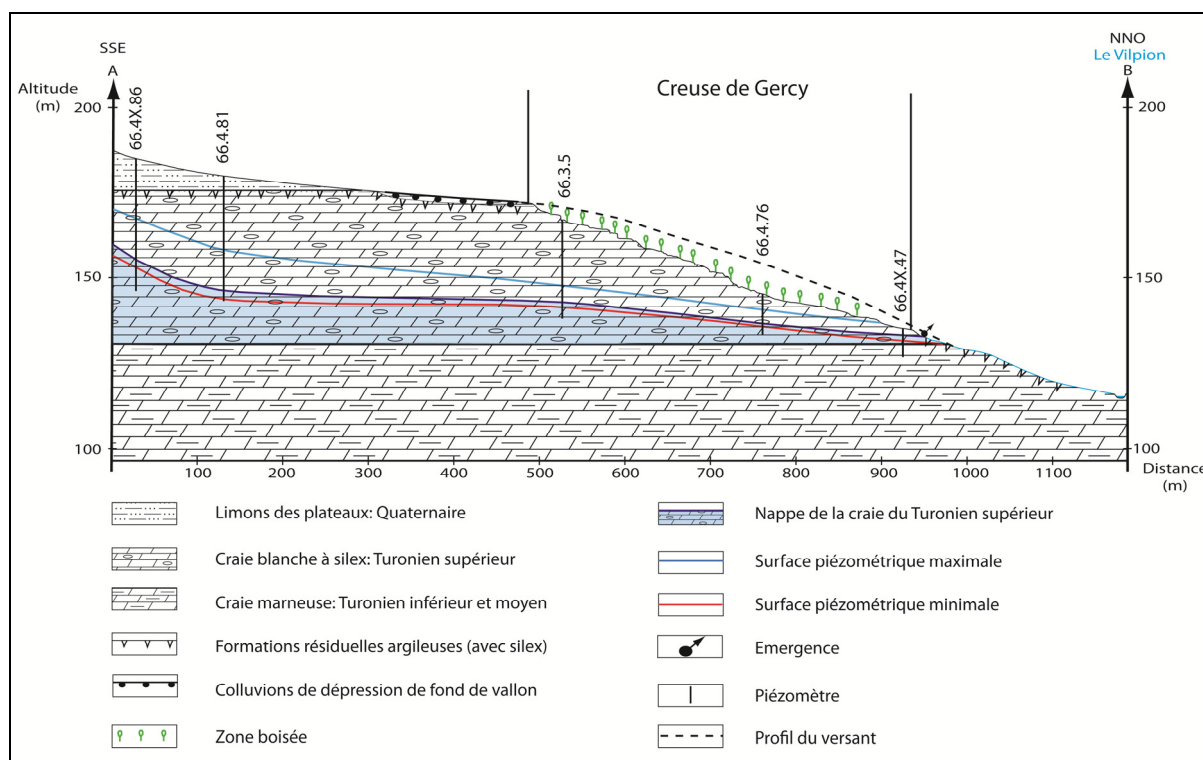


Figure 2 - Contexte structural et hydrogéologique de la creuse de Gercy.

D'après la carte géologique au 1/50000 (C. MATHIEU *et al.*, 1971) et le portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (<http://www.ades.eaufrance.fr/>).

1) Caractères discriminants

Les caractères discriminants utilisés afin de repérer les creuses sur des documents planimétriques sont issus des descriptions de A. DEMANGEON (1905), J. GOSSELET (1906) et B. LOUCHE *et al.* (1997). Ainsi, topographiquement, ces formes étroites et profondes, donc à parois abruptes, doivent entailler les plateaux crayeux. D'un point de vue hydrologique, bien que réceptrices d'écoulements amont en période de fortes intempéries (orages violents et soudains), elles ne doivent pas présenter d'écoulement, ou alors un écoulement sporadique. De plus, elles doivent être boisées. Ces paramètres conditionnent les documents nécessaires à leur inventaire ainsi que la méthode utilisée.

2) Inventaire sous SIG

L'inventaire des creuses est réalisé au sein d'un projet SIG *via* le logiciel ESRI© ArcGIS 10. Le système de coordonnées projetées utilisé est le RGF 1993 Lambert 93. Afin de faciliter le stockage et la gestion des données utilisées et créées, toutes les données sont intégrées à une géodatabase. L'obtention des documents nécessaires à la réalisation de l'inventaire (Tab. I) se fait : soit par intégration directe des documents sources (SCAN25®, BD TOPO® et BD ORTHO® 2010 de l'IGN), soit par conversion des données dans un autre format (transformation de la BD ALTI® 25 m en un Modèle Numérique de Terrain, MNT, au format raster), soit en générant de nouvelles données à partir de documents sources (calcul de la carte des directions de flux permettant d'identifier les talwegs à partir de la BD ALTI® 25 m).

Tableau I - Paramètres et documents nécessaires à la réalisation de l'inventaire des creuses.

Paramètres	Documents nécessaires	Documents sources	Résolution
Topographie	Carte topographique	SCAN25®	2,5 m
	Modèle numérique de terrain	BD ALTI® 25 m	25 m
Hydrologie	Carte topographique	SCAN25®	2,5 m
	Réseau hydrographique	BD TOPO®	10 m
	Carte des talwegs pouvant concentrer des écoulements	BD ALTI® 25 m	25 m
Occupation du sol	Carte topographique	SCAN25®	50 cm
	Photographies aériennes	BD ORTHO® 2010	50 cm

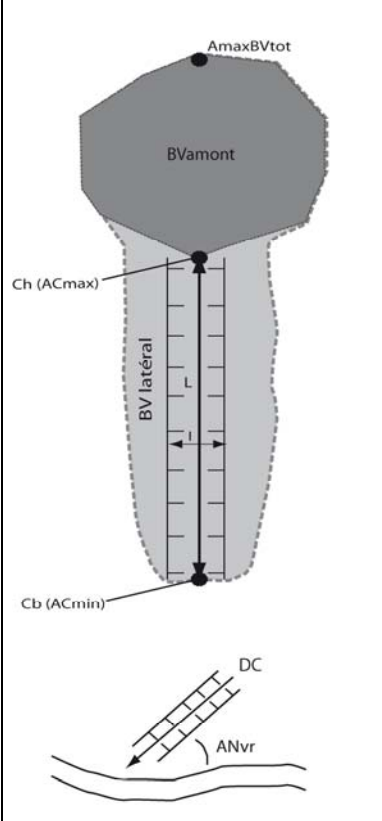
En prenant en compte les caractères discriminants, les creuses et leurs limites sont identifiées par comparaison des documents intégrés au projet SIG. La rupture de pente sommitale des versants des creuses est alors digitalisée, c'est-à-dire vectorisée manuellement sous forme de polygones dans un domaine spatial défini. Une table attributaire associée à ces formes confère automatiquement un numéro d'inventaire à chaque creuse et permet de renseigner des informations telles que le toponyme (s'il existe sur le SCAN25®). Dans un second temps, le talweg de chaque creuse est digitalisé d'amont en aval sous forme de polygones en s'assurant que les deux extrémités se situent sur le tracé du contour des creuses créé précédemment. Certaines creuses peuvent parfois présenter des ramifications dans leur partie amont ou sur leurs flancs. Dans ce cas, ces ramifications sont digitalisées séparément et sont donc traitées indépendamment de la creuse principale.

3) Caractérisation morphométrique

La caractérisation morphométrique des creuses est obtenue, dans un premier temps, par l'obtention des paramètres intrinsèques aux creuses (Fig. 3). Ces derniers sont :

- La longueur du talweg de la creuse (L), obtenue automatiquement du fait de l'intégration de cette donnée à la géodatabase.
- Les extrémités amont (Ch) et aval (Cb) du talweg.
- Les altitudes minimale (ACmin), maximale (ACmax), et moyenne (ACmoy) du talweg de la creuse, issues du croisement des talwegs digitalisés avec le MNT *via* l'outil "statistique zonale (table)".
- La pente du ravin (PC), calculée à partir de la longueur du talweg (L) et des altitudes maximale (ACmax) et minimale (ACmin).
- La direction générale du talweg (DC), obtenue à partir de l'outil "Linear Directional Mean", qui permet d'obtenir les orientations d'entités à partir de polygones. En se fondant sur le sens de la digitalisation (point de départ et point d'arrivée), c'est la direction de chaque talweg qui est déterminée. La digitalisation étant effectuée d'amont en aval, cette direction correspond, en fait, à celle de la pente de la creuse.

Du fait de la largeur des creuses et de la résolution des documents disponibles pour digitaliser leurs limites, le paramètre largeur (l) n'est pas considéré.



		Abréviation	Descriptif
Paramètres morphométriques de la creuse		L	Longueur du talweg de la creuse
		l	Largeur de la creuse (non utilisé)
		Ch	Extrémité amont du talweg de la creuse
		Cb	Extrémité aval du talweg de la creuse
		ACmax	Altitude maximale du talweg de la creuse
		ACmin	Altitude minimale du talweg de la creuse
		ACmoy	Altitude moyenne du talweg de la creuse
		PC	Pente moyenne de la creuse
		DC	Direction du talweg de la creuse (0 à 360°)
		ANvr	Angle formé avec la vallée réceptrice (0 à 180 °)
Paramètres morphométriques des bassins versants de la creuse	Bassin versant total (BVtot)	PBVtot	Périmètre du bassin versant total de la creuse
		SBVtot	Surface du bassin versant total de la creuse
		K _g tot	Indice de compacité de Gravelius du bassin versant total
		AmaxBVtot	Altitude maximale du bassin versant total de la creuse
		ACmin	Altitude minimale du bassin versant total de la creuse
		AmoyBVtot	Altitude moyenne du bassin versant total de la creuse
		O	Ordination de Strahler de la creuse
	Bassin versant amont (BVamont)	PBVamont	Périmètre du bassin versant amont de la creuse
		SBVamont	Surface du bassin versant amont de la creuse
		K _g amont	Indice de compacité de Gravelius du bassin versant amont
AmaxBVamont		Altitude maximale du bassin versant amont de la creuse	
ACmax		Altitude minimale du bassin versant amont de la creuse	
	AmoyBVamont	Altitude moyenne du bassin versant amont de la creuse	

Figure 3 - Présentation de l'ensemble des données mesurées à l'aide du logiciel ArcGis.

$$\text{Bassin versant total de la creuse (BVtot)} = \text{bassin versant amont (BVamont)} + \text{bassin versant latéral (BV latéral)}.$$

Chaque creuse est ensuite replacée dans son contexte hydrographique en caractérisant (Fig. 3) :

- Le bassin versant total (BVtot) correspondant au bassin versant dont l'exutoire est l'extrémité aval du talweg de la creuse (Cb). Obtenu à partir de cette extrémité et de la carte des directions de flux, il englobe la creuse. Il est caractérisé par son périmètre (PBVtot) et sa surface (SBVtot), ainsi que par l'indice de compacité de GRAVELIUS (K_{Gtot}) calculé à partir de ces deux valeurs. Par croisement avec le MNT, les altitudes minimale (ACmin), maximale (AmaxBVtot) et moyenne (AmoyBVtot) du bassin versant sont récupérées.
- Le bassin versant amont (BVamont) correspondant au bassin versant dont l'exutoire est l'extrémité amont du talweg de la creuse (Ch). Il ne contient donc pas la creuse elle-même. Sur cette surface, les mêmes paramètres (PBVamont, SBVamont, K_{Gamont} , AmaxBVtot, ACmax et AmoyBVamont) sont calculés.
- L'ordination de STRAHLER, calculée à partir du MNT et de la carte des directions de flux. Le raster obtenu est croisé avec les polygones des creuses digitalisés, afin d'attribuer à chaque creuse la valeur d'ordination maximale recoupée (O) (Fig. 4).
- L'angle formé avec la vallée réceptrice (ANvr), calculé à partir de l'orientation de la creuse et de l'orientation de la vallée réceptrice (vallée du Vilpion, de la rivière Brune ou de l'un de leurs affluents).

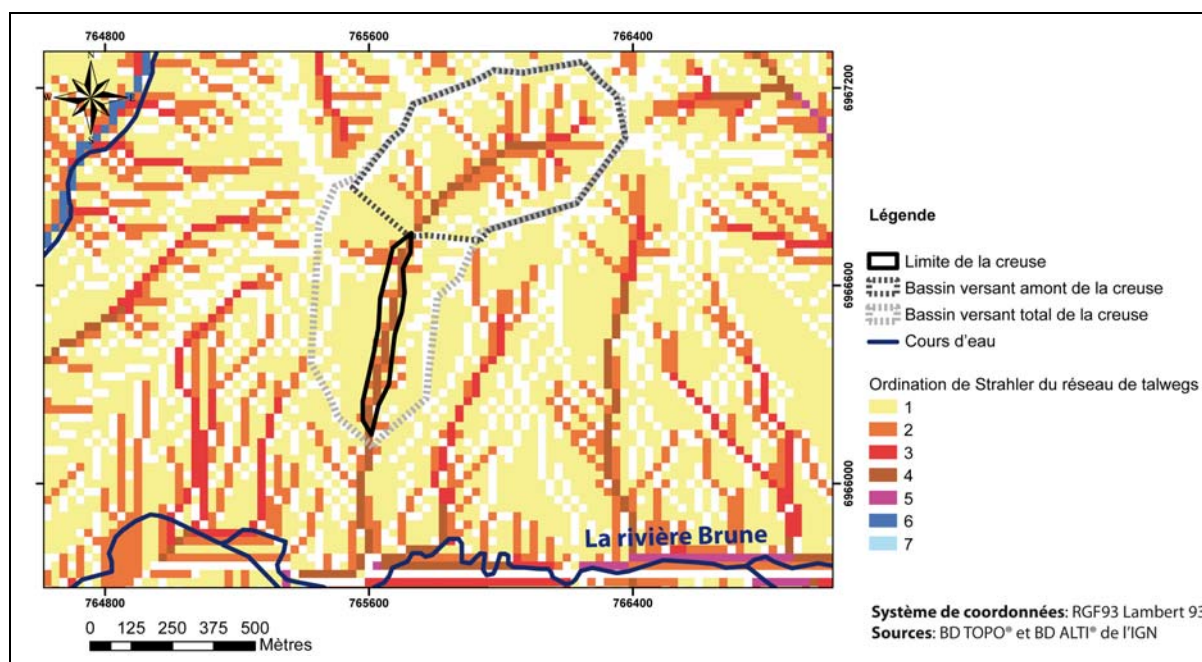


Figure 4 - Exemple de limites de bassins versants total et amont et d'ordination sur fond de carte des directions de flux (creuse de Hary).

III - RÉSULTATS

L'inventaire systématique des creuses dans la zone d'étude (335 km²) a permis d'en recenser 98, dont 59 dans le bassin versant du Vilpion (sens restreint) et 39 dans celui de la rivière Brune, ce qui correspond à une densité totale d'une creuse pour 3,4 km² (Tab. II,

Fig. 5). La densité est similaire dans les deux bassins versants. En revanche, il apparaît que le nombre de creuses est plus important en rive gauche qu'en rive droite (respectivement 31 contre 28 pour le Vilpion et 26 contre 13 pour la rivière Brune), alors que les surfaces des bassins versants des cours d'eau de rive gauche sont bien moindres.

Tableau II - Paramètres morphométriques et indices statistiques des creuses du bassin versant du Vilpion en amont de Marle.

	Effectif total : 98			Creuses en rive gauche : 57					Creuses en rive droite : 41				
	Moy	δ	Coef. Var. (%)	Min	Moy	Max	δ	Coef. Var. (%)	Min	Moy	Max	δ	Coef. Var. (%)
L (m)	374,5	219,2	59	78,4	348,7	1032	191,9	55	92,6	410,4	1033	250,4	61
ACmax (m)	167,0	22,5	13	112,0	164,6	205,0	21,3	13	122,0	170,3	230,0	23,9	14
ACmin (m)	146,9	25,4	17	89,0	144,1	193,0	23,4	16	94,0	150,8	228,0	27,8	18
Dénivelés (m)	20,0	9,9	50	3,0	20,4	46,0	8,6	42	2,0	19,5	52,0	11,6	60
PC (%)	6,1	2,7	44	1,6	6,6	13,5	2,6	39	0,6	5,5	11,9	2,8	51
DC (°)	193,0	122,7	64	0,0	195,4	357,6	149,7	77	13,7	189,6	358,8	71,7	38
O	4,0	1,0	25	2,0	3,8	6,0	0,8	21	2,0	4,2	7,0	1,2	28
ANvr (°)	78,2	26,4	34	3,8	80,5	141,1	24,8	31	16,2	74,8	161,8	28,5	38
PBVtot (km)	12,77	1,88	15	0,727	2,485	10,61	1,381	56	0,948	3,397	12,77	2,326	68
SBVtot (ha)	61,4	131,4	214	1,3	37,5	438,0	59,0	158	5,2	94,6	952,8	187,2	198
AmaxBVtot (m)	184,5	19,2	10	157,0	181,7	216,0	17,3	10	147,0	188,4	235,0	21,1	11
PBVamont (km)	2,2	2,1	93	0,6	1,8	8,9	1,1	63	0,6	2,8	14,3	2,8	102
SBVamont (ha)	44,8	125,6	280	0,9	24,3	363,8	47,6	196	1,8	73,3	933,7	183,4	250
K _G amont	1,2	0,1	8	1,1	1,2	1,7	0,1	9	1,1	1,2	1,5	0,1	8
SBVtot/SBVamont	1,9	0,9	50	1,2	2,1	6,6	1,1	53	1,0	1,5	2,2	0,4	26

Moy : moyenne des valeurs. δ : écart-type. Coef. Var. : coefficient de variation (= $100 \delta / \text{Moy}$). Pour la colonne de gauche, voir Fig. 3. Min : valeur minimale. Max : valeur maximale.

L : longueurs des talwegs des creuses. ACmax et ACmin : altitudes maximales et minimales des talwegs dans les creuses. Dénivelés : dénivelés des talwegs des creuses. PC : pentes moyennes des creuses. DC : directions des talwegs des creuses. O : ordinations de STRAHLER des creuses. ANvr : angles avec les vallées réceptrices. PBVtot : périmètres des bassins versants totaux des creuses. SBVtot : surfaces des bassins versants totaux des creuses. AmaxBVtot : altitudes maximales des bassins versants totaux des creuses. PBVamont : périmètres des bassins versants en amont des creuses. SBVamont : surfaces des bassins versants en amont des creuses. K_Gamont : indices de compacité de GRAVELIUS des bassins versants en amont des creuses.

La longueur des talwegs des creuses varie entre 78 m et 1030 m, avec une longueur moyenne de 392 m. Les talwegs sont en moyenne plus longs en rive droite qu'en rive gauche (409 m contre 322 m pour le Vilpion ; 414 m contre 380 m pour la rivière Brune). Ils ont des altitudes moyennes comprises entre 147 m et 165 m en rive droite, 139 m et 160 m en rive gauche, dans le bassin versant du Vilpion et entre 157 m et 182 m en rive droite, 149 m et 171 m en rive gauche, dans le bassin versant de la rivière Brune. Le dénivelé moyen des talwegs est de 20 m (la valeur la plus faible étant de 2 m et la plus forte de 52 m), indépendamment de la rive ou du cours d'eau. Les pentes mesurées sont toutes inférieures à 12 %. En moyenne, elles sont comprises entre 5 % (rive droite du Vilpion) et 7 % (rive gauche du Vilpion). La direction des creuses du bassin versant du Vilpion est essentiellement comprise entre N320° et N340° en rive gauche et entre N140° et N160° en rive droite (Fig. 5), les valeurs secondaires étant respectivement N30° et N210°. Les creuses du bassin versant de la rivière Brune ont des directions plus homogènes, N00° ou N200° selon la rive (Tab. II, Fig. 5).

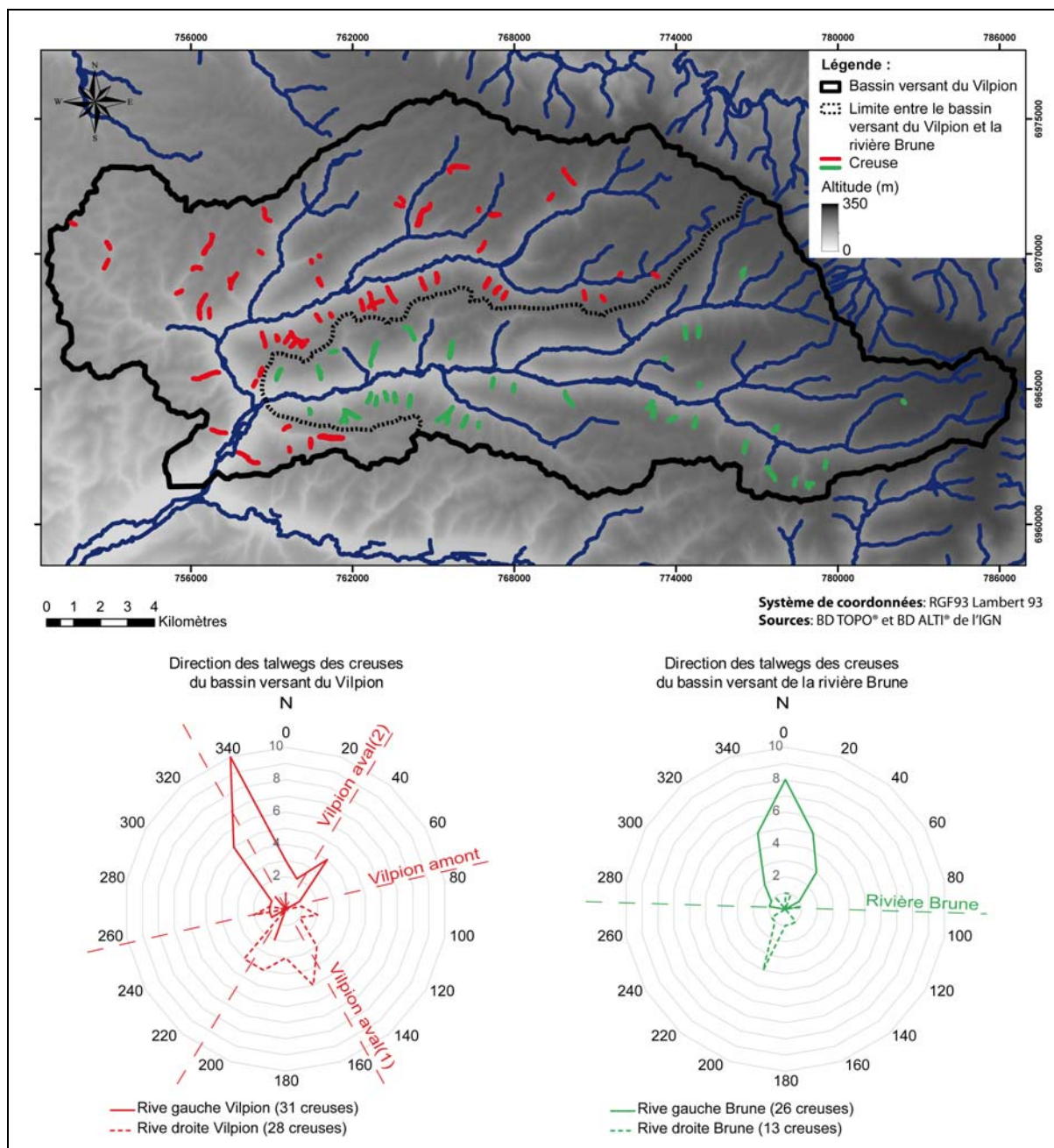


Figure 5 - Répartition et direction des creuses.

Enfin, l'orientation des creuses est quasiment perpendiculaire à celle des vallées principales (drainées ou sèches). L'angle moyen est de 78° et la distribution gaussienne du nombre d'observations par classe d'angle de 20° montre une prééminence de valeurs proches de 90° (Fig. 6-a).

L'environnement immédiat des creuses est précisé par l'étude des bassins versants totaux et amont ainsi que par le positionnement des creuses au sein de la hiérarchisation des talwegs selon l'ordination de STRAHLER. Le bassin versant total correspond à l'addition du bassin versant amont et du bassin versant latéral, ce dernier étant à l'origine d'apports latéraux le long de la creuse. Si la majorité des creuses ont un bassin versant total (BVtot) inférieur à 140 ha et un bassin versant amont (BVamont) inférieur à 90 ha (Fig. 6-b), quatre creuses sont

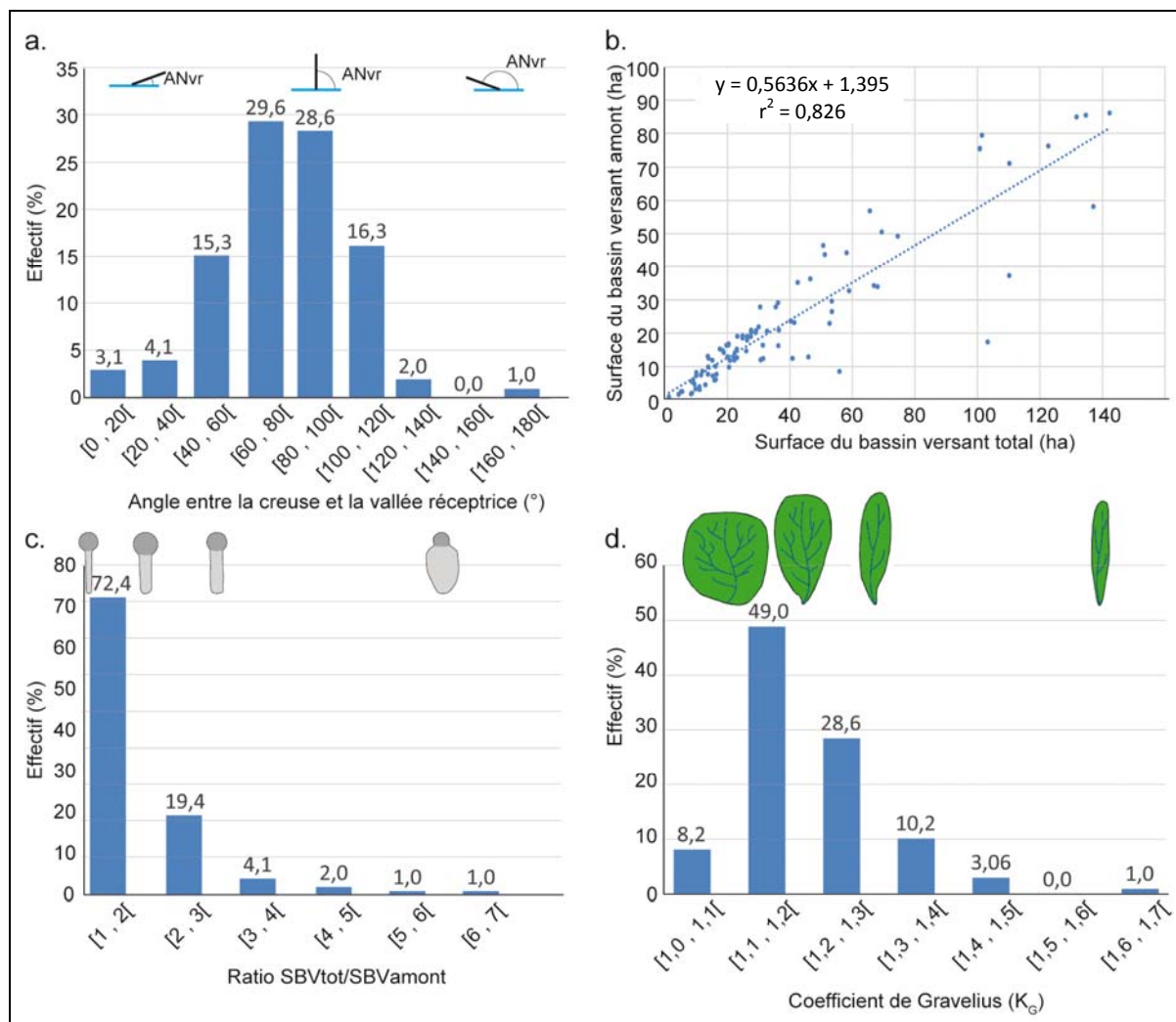


Figure 6 - Paramètres représentatifs de l'environnement immédiat des creuses.

a : distribution des angles formés par les creuses et leur vallée réceptrice. b : régression linéaire entre les surfaces des bassins versants totaux et amont. c : distribution de la contribution du bassin versant amont dans le bassin versant total. d : distribution en fonction de l'indice de compacité de GRAVELIUS du bassin versant amont ($K_{G\text{amont}}$).

particulières avec des dimensions bien plus importantes ($335 \text{ ha} < \text{BVtot} < 960 \text{ ha}$ et $215 \text{ ha} < \text{BVamont} < 940 \text{ ha}$). Ces dernières, présentes dans le bassin versant du Vilpion (trois en rive droite et une en rive gauche), ne sont pas représentatives de l'échantillon et n'ont donc pas été intégrées à la caractérisation des bassins versants. Si quelques creuses ont un bassin versant total très restreint, inférieur à 5 ha, 50 % des bassins versants totaux ont une surface inférieure à 25 ha (Fig. 6-b). Les surfaces moyennes des bassins versants totaux sont de 26 ha en rive gauche du Vilpion et de 53 ha en rive droite. Cette dualité de rive n'apparaît pas dans le bassin versant de la rivière Brune où les surfaces sont respectivement de 38 ha et de 34 ha. Le constat est le même en considérant uniquement les surfaces moyennes des bassins versants amont (21 ha quelle que soit la rive pour la rivière Brune, contre 32 ha en rive droite et 15 ha en rive gauche du Vilpion). La moyenne des surfaces des bassins versants amont est de 22,4 ha, alors que plus de 70 % des bassins versants amont ont une surface inférieure à 25 ha et 85 % une surface inférieure à 50 ha (Fig. 6-b). La proportion du bassin versant amont au sein du bassin versant total est exprimée par le *ratio* SBVtot/SBVamont. Si ce *ratio* est égal à

1, le bassin versant amont constitue l'intégralité du bassin versant total ; s'il est égal à 2, le bassin versant amont représente la moitié du bassin versant total ; s'il est égal à 3, le bassin versant amont forme un tiers du bassin versant total ; et ainsi de suite. La moyenne de ce *ratio* est de 1,9, avec des valeurs plus faibles pour les creuses du bassin versant du Vilpion (1,27 en rive gauche et 1,47 en rive droite) que pour celles du bassin versant de la rivière Brune (2,92 en rive gauche et 2 en rive droite). La distribution de ce *ratio* montre le peu d'apports latéraux le long de ces formes. Pour plus de 90 % des creuses, le *ratio* est compris entre 1 et 3 (Fig. 6-c). De forme en éventail allongé ($K_{G\text{amont}}$ moyen de 1,2 ; Fig. 6-d), les bassins versants amont sont en tête des sous-bassins versants des cours d'eau principaux, de leurs affluents ou de talwegs non drainés (Fig. 7). Le positionnement des creuses au sein du réseau de talwegs, *via* l'ordination de STRAHLER (O), montre qu'elles sont d'ordre 4 en moyenne, 2 au minimum et 6 au maximum.

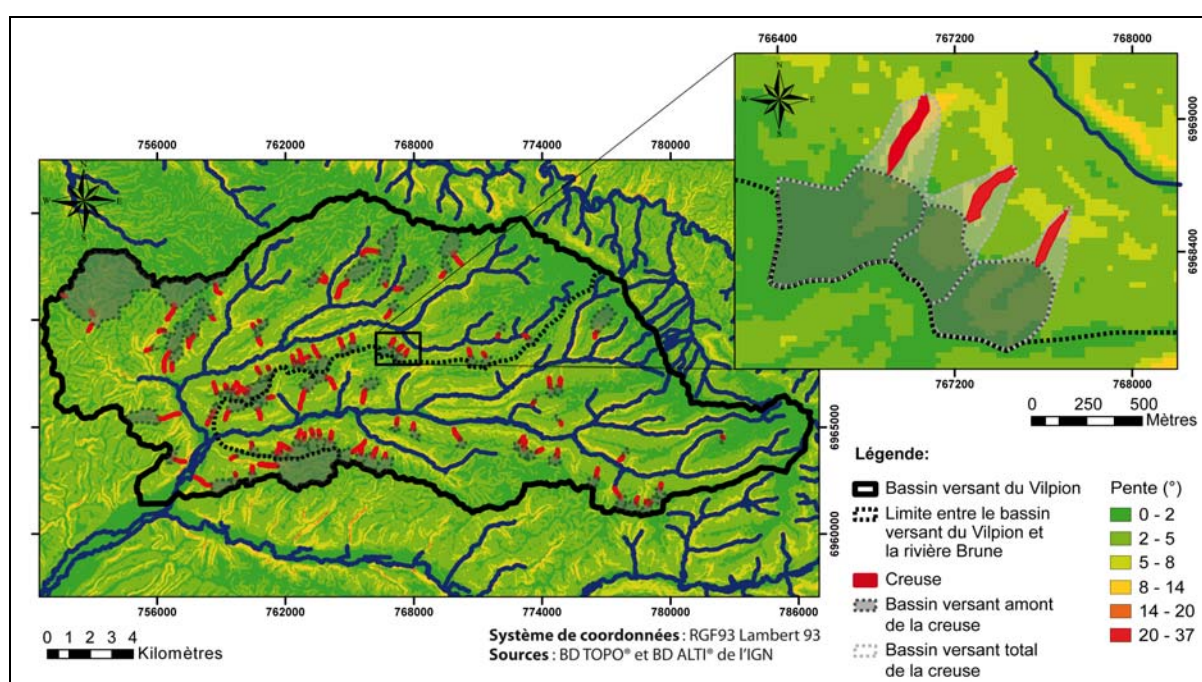


Figure 7 - Carte de localisation des creuses et de leurs bassins versants amont en Thiérache.

IV - DISCUSSION

1) Morphométrie des creuses

La méthode mise en œuvre sous SIG permet, suite à la localisation et à la digitalisation systématique des creuses et des talwegs à partir de documents IGN, de réaliser un traitement automatisé des données *via* des modélisateurs ("*model builders*") afin d'obtenir les paramètres morphométriques pour chaque creuse et ses bassins versants (voir Fig. 3 ; Fig. 8). Ces indices font ensuite l'objet d'analyses statistiques et spatiales. L'intérêt de cette méthode est non seulement de donner une représentativité statistique, mais également d'être applicable à d'autres formes similaires (ravins ou vallons secs). La limite de la méthode est intimement liée à la précision des données sources et, en particulier, de la BD ALTI® qui est à l'origine du MNT

et de la carte des directions de flux. Néanmoins des mesures topographiques de terrain effectuées au tachéomètre sur la creuse de Gercy (voir Photos 1 et Fig. 2) valident les données de la BD ALTI® avec un pourcentage d'erreur de 14 %.

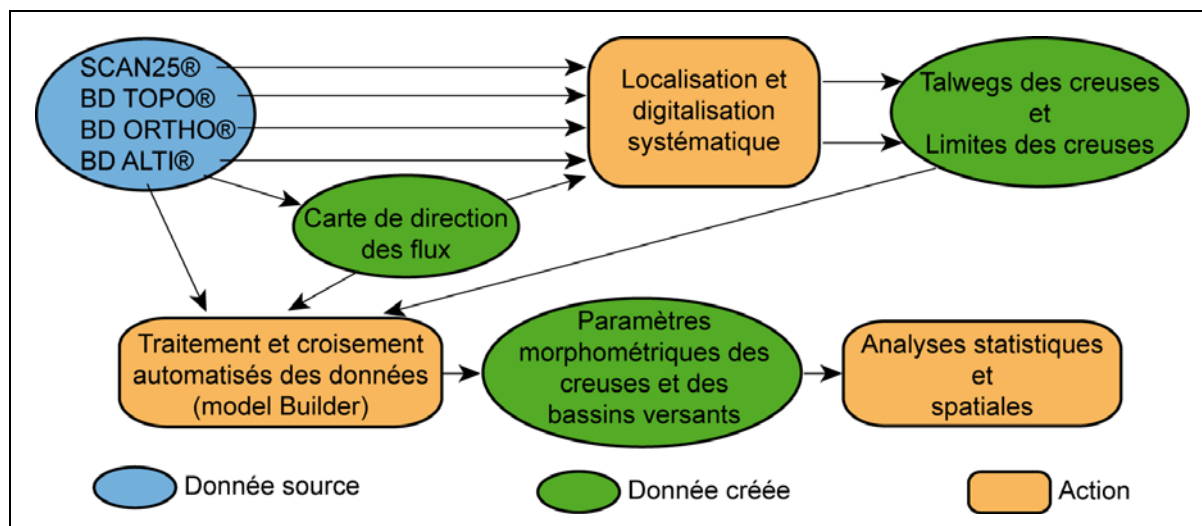


Figure 8 - Organigramme de la méthode d'analyse.

Ainsi l'analyse sous SIG aboutit à un inventaire systématique et exhaustif de l'objet "creuse" dans la zone d'étude. Les 98 creuses recensées dans le bassin versant du Vilpion à Marle confèrent aux indices et aux corrélations d'indices une représentativité inédite permettant de dresser, dans un premier temps, une typologie des creuses basée sur les caractères distinctifs suivants :

- Le bassin versant des creuses est principalement constitué du bassin versant amont (56 %) dont la forme compacte (86 % des bassins versants amont ont un indice de compacité de GRAVELIUS inférieur à 1,3) garantit une alimentation en eau rapide et efficace de la creuse (d'autant plus que des argiles résiduelles imperméables y affleurent).
- Au débouché de leur bassin versant amont, les creuses ont une ordination de STRAHLER allant de 2 à 6. Il s'agit donc de formes de ravinement drainant des écoulements préalablement concentrés.
- Plus les creuses sont longues, plus leur dénivelé est important (Fig. 9-a). La tendance est nette, même si le coefficient de détermination (r^2) n'est que de 0,385.
- La pente moyenne des creuses est de 6 % (mais cette moyenne est peu représentative, puisque le coefficient de variation est de 44 %).
- Plus la taille du bassin versant amont est importante, plus la pente de la creuse est faible.

2) Influence de la géologie et du climat sur la répartition et le fonctionnement des creuses

Le croisement des caractéristiques morphométriques et hydrographiques, d'une part, et de la répartition spatiale des creuses, d'autre part, indique que leurs paramètres intrinsèques et de situation (voir Fig. 3) sont essentiellement l'effet d'une cause structurale, comme l'exprime par

exemple la distribution des pentes (PC) par cours d'eau (Fig. 9-b) : les creuses de rive gauche, anaclinales, ont des pentes plus fortes. À l'inverse, la pente des creuses de rive droite, conforme au pendage, est plus faible, ce qui fait passer au second plan l'influence de la surface des impluviums (BV_{amont}), surface toujours plus importante en rive droite. Dans les deux cas, la creuse est une forme de raccordement entre la surface des plateaux et le fond d'une vallée réceptrice. De même, la répartition des creuses à l'intérieur d'un bassin versant est influencée par le canevas structural. Le pendage sud des couches géologiques est à l'origine de la dissymétrie des versants de vallée et de l'organisation du réseau hydrographique, déterminant deux sites de creuses : les versants fuyants de rive droite ou de tête de bassin versant, dominés par de vastes bassins versants amont, et les versants abrupts de rive gauche, dominés par des bassins versants amont plus réduits.

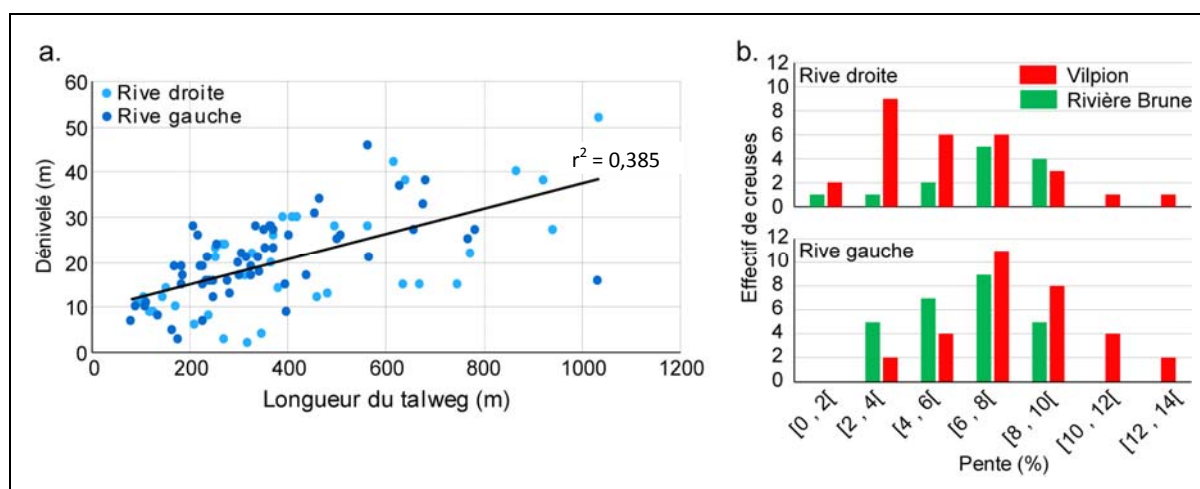


Figure 9 - Régression entre les longueurs et les dénivelés des talwegs des creuses (a) et distribution des pentes des talwegs des creuses par rive de cours d'eau principal (b).

Deux orientations orthogonales (N150° et N40°), qui coïncident avec les linéaments d'origine tectonique (J.P. COLBEAUX *et al.*, 1980, 1993 ; M. DUPRAT, 1997 ; F. GUILLOCHEAUX *et al.*, 2000), expliquent les valeurs d'angle moyen (AN_{vr}) un peu inférieures à 90° (ce qui aurait été la valeur d'angle sans contrainte structurale) et de direction (DC) des creuses (voir Fig. 6-a et Fig. 5).

L'influence de la lithologie est également déterminante, puisque les bassins d'alimentation des creuses s'inscrivent dans une couverture semi-perméable (lœss et argiles à silex ; voir Fig. 2) qui hiérarchisent et concentrent les flux vers les creuses (*s.s.*), lesquelles entaillent la craie. Il faut souligner que le fonctionnement de ces entités torrentielles de bas plateaux est conditionné par un climat froid et par la présence d'un pergélisol favorable au ruissellement (P. LAHOUSSE *et al.*, 2003 ; J.P. LARUE, 2005). En climat tempéré, à l'inverse, le prélèvement évapo-transpiratoire important et les sols filtrants déterminent une infiltration généralisée ; de ce fait, les épisodes pluvieux déclenchant une crue sont rares (A. DEMANGEON, 1905). Ainsi la forme ne peut être initiée qu'en période froide, lorsque la fonte estivale du manteau neigeux et de la couche active du pergélisol engendre un ruissellement important, diffus dans le bassin versant amont, puis concentré là où le ravin se forme (Fig. 10-B).

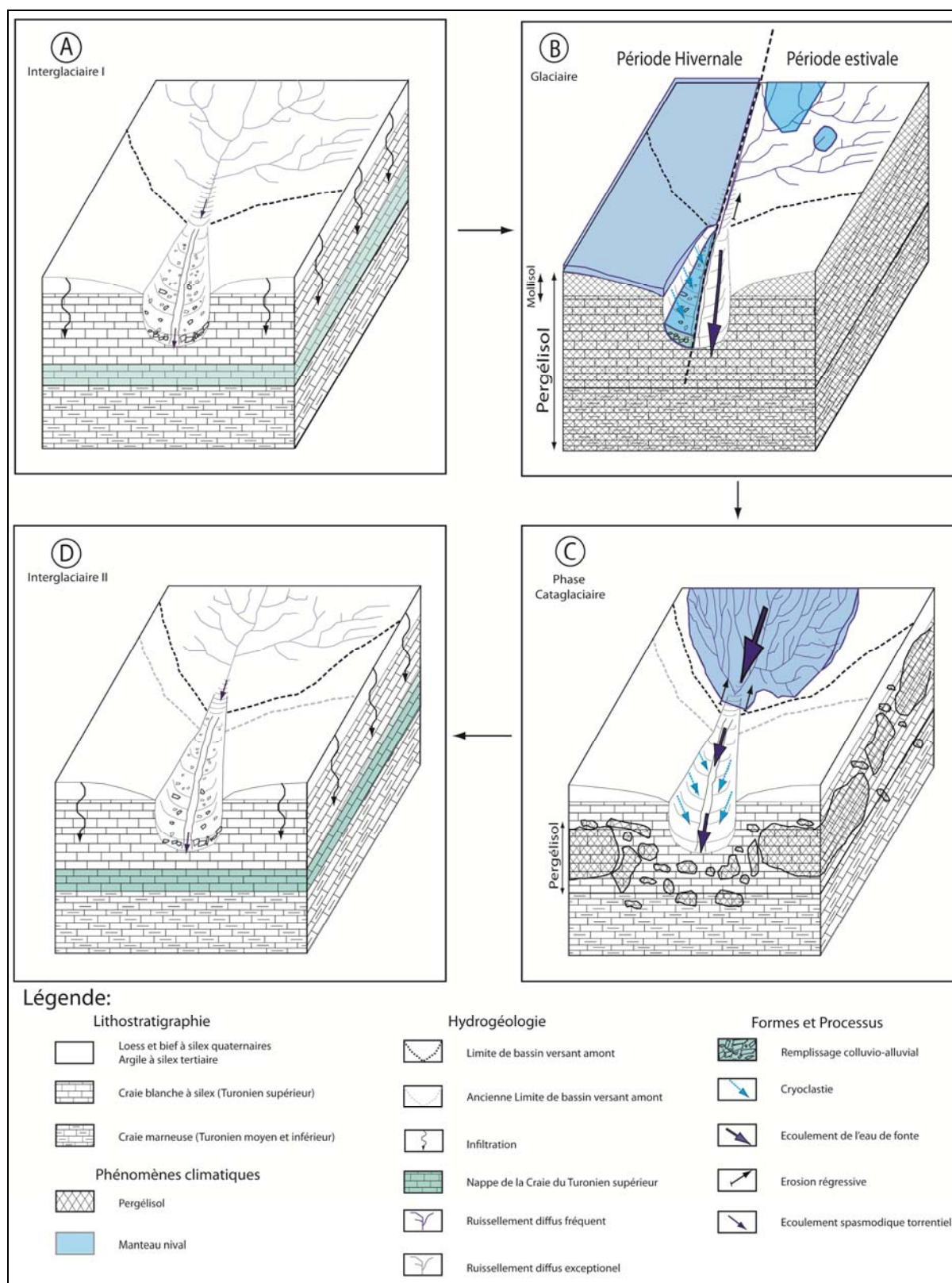


Figure 10 - Modélisation de l'évolution d'une creuse.

En phase cataglaciale, la régression du pergélisol (A. DEVOS *et al.*, 2012) se traduit par des écoulements abondants qui déblayent les matériaux colluviaux et alluviaux tapissant le fond et les parois de la creuse, et contribuent en outre à l'allongement de la creuse par érosion régressive (Fig. 10-C).

En période interglaciaire, le système est perché au-dessus du toit de la nappe de la craie et son fonctionnement est beaucoup plus spasmodique : seules les pluies torrentielles sont susceptibles de produire un ruissellement de surface, régénérant éventuellement les rigoles du bassin versant amont et déclenchant un écoulement (de type crue éclair) dans la creuse (Fig. 10-A et 10-D ; voir aussi Fig. 4 et Photos 1). La pluie limite (c'est-à-dire celle qui engendre un ruissellement) doit être d'autant plus forte que la pente du bassin versant amont est faible (les valeurs de pente des bassins versants amont sont comprises entre 0,9 % et 5,9 % dans le secteur étudié). Par ailleurs, l'écoulement engendré par la concentration des flux est plus probable en rive droite qu'en rive gauche, compte tenu de la taille moyenne des bassins versants amont (73 ha et 24 ha respectivement). Cependant ces écoulements spasmodiques, uniquement constitués de ruissellement et sans contribution des eaux souterraines (Fig. 10-D), ne sont pas morphogènes (ils n'impliquent ni creusement ni érosion régressive).

V - CONCLUSION

En dépit d'une certaine parenté avec les torrents de montagne (la creuse se substituant au chenal et le bassin versant amont au bassin de réception), l'ampleur de ces ravins est donc tout autant fonction d'un débit (quand les conditions d'un écoulement de surface sont réunies) que de la morphologie et de la structure des versants des vallées collectrices auxquelles ces ravins se raccordent. Ainsi, en l'absence de couverture (J. TRICART, 1952), la craie de Champagne n'est pas propice à la formation des creuses. En revanche, dans les structures non crayeuses de l'est du Bassin de Paris, les formes de raccordement entre écoulements superficiels sur couverture de plateau et vallées encaissées s'y apparentent. Ainsi en est-il des "grouards" qui entaillent le calcaire du Lutétien moyen du Soissonais (É. FLEURY, 1877), des ravins ("canyons") dans les calcaires tithoniens du Barrois (S. JAILLET, 2005) ou encore des "barri-bans" dans la gaize albo-cénommanienne de l'Argonne (J. LÉRY, 1916). La parenté avec les fluviokarsts (H. ENJALBERT, 1951) est moins évidente, comme le suggèrent les remplissages alluviaux observés dans certaines creuses (P. LAHOUSSE *et al.*, 2003) et par nature absents des vallées fluviokarstiques. Sur le plan écologique, le confinement topographique et l'ambiance forestière entretiennent, dans les creuses (et également dans les grouards, qui sont aussi des îlots boisés), des conditions climatiques plus fraîches et humides que dans les grandes cultures avoisinantes, conditions favorables à la notion de micro-refuge de biodiversité.

Remerciements : Ce travail a reçu une subvention (14PRC017) de la Structure Fédérative de Recherche Condorcet, dans le cadre du programme pluridisciplinaire intitulé "Les ravins boisés en milieux de grande culture" coordonné par Guillaume PIERRE et associant l'EA 3795 GEGENAA (Université de Reims Champagne-Ardenne) et la FRE 3498 Edysan (CNRS-Université de Picardie Jules Verne).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHANTRIOT E. (1901) - La Thiérache. *Annales de Géographie*, vol. 10, n° 51, p. 216-224.
- COLBEAUX J.P. et BRACQ P. (1997) - Analyse morphostructurale. In : *Les creuses de la région Nord/Pas de Calais : premiers résultats d'études multi-critères*, B. de FOUCAULT, J.P. COLBEAUX, T. BONNET, P. BRACQ, R. COURTECUISE, M. DEBUYSER, F. DOUAY, H. FOURRIER et B. LOUCHE, *Annales de la Société Géologique du Nord*, vol. 5, n° 2, p. 385-386.
- COLBEAUX J.P., DUPUIS C., ROBASZYNSKI F., AUFFRET J.P., HAESAERTS P., SOMME J. (1980) - Le détroit du Pas de Calais : un élément dans la tectonique de blocs de l'Europe nord-occidentale. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 17, n° 4, p. 41-54.
- COLBEAUX J.P., AMÉDRO F., BERGERAT F., BRACQ P., CRAMPON N., DELAY F., DUPUIS C., LAMOUREUX C., ROBASZYNSKI F., SOMMÉ J., VANDYCKE S., VIDIER J.P. (1993) - Un enregistreur des épisodes tectoniques dans le bassin de Paris : le Boulonnais. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 164, n° 1, p. 93-102.
- DEMANGEON A. (1905) - *La Picardie et les régions voisines, Artois, Cambrésis, Beauvaisis*. Édit. Armand COLIN, Paris, 496 p.
- DEVOS A., CHALUMEAU L., FRONTEAU G., SOSSON C., TURMEL A. et LEJEUNE O. (2012) - La fantômisisation des calcaires lutétiens du bassin de Paris, apport des carrières souterraines. *Karstologia*, vol. 58, p. 1-14.
- DOBROWSKI S. (2011) - A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. *Global Change Biology*, vol. 17, n° 2, p. 1022-1035.
- DUPRAT M. (1997) - Modèle tectono-sédimentaire des dépôts paléogènes dans le nord-est du bassin de Paris : conséquences sur la géométrie du toit de la craie. *Annales de la Société Géologique du Nord*, vol. 5, n° 2, p. 269-287.
- ENJALBERT H. (1951) - Les vallées sèches et les vallées tourbeuses du Bassin Aquitain septentrional. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, vol. 22, n° 2, p. 163-198.
- FLEURY É. (1877) - *Antiquités et monuments du département de l'Aisne. Partie 1*. Imprimerie Jules CLAYE, Paris, 256 p.
- FOUCAULT B. de, COLBEAUX J.P., BONNET T., BRACQ P., COURTECUISE R., DEBUYSER M., DOUAY F., FOURRIER H., LOUCHE B. (1997) - Les creuses de la région Nord/Pas-de-Calais : premiers résultats d'études multicritères. *Annales de la Société Géologique du Nord*, vol. 5, n° 2, p. 385-394.
- GOSSELET J. (1906) - Observations sur les creuses de l'Artois et de la Picardie et réflexions sur l'importance de la dissolution souterraine de la craie. *Annales de la Société Géologique du Nord*, vol. 35, p. 237-243.
- GUILLOCHEAU F., ROBIN C., ALLEMAND P., BOURQUIN S., BRAULT N., DROMART G., FRIEDENBERG R., GARCIA J.P., GAULIER J.M., GAUMET F., GROSDOY B., HANOT F., LE STRAT P., METTRAUX M., NALPAS T., PRIJAC C., RIGOLLET C., SERRANO O. et GRANDJEAN G. (2000) - Meso-Cenozoic geodynamic evolution of the Paris Basin : 3D stratigraphic constraints. *Geodinamica Acta*, vol. 13, n° 4, p. 189-246.
- JAILLET S. (2005) - *Le Barrois et son karst couvert. Structure, fonctionnement, évolution*. *Karstologia Mémoires*, vol. 12, 336 p.

-
- LAHOUSSE P., PIERRE G. et SALVADOR P.G. (2003) - Contribution à la connaissance des vallons élémentaires du Nord de la France : l'exemple de la creuse des Fossés (Authieule, plateau picard). *Quaternaire*, vol. 14, n° 3, p. 189-196.
- LARUE J.P. (2005) - The status of ravine-like incisions in the dry valleys of the Pays of Thelle (Paris Basin, France). *Geomorphology*, vol. 68, n° 3-4, p. 242-256.
- LÉRY J. (1916) - *La bataille dans la forêt (Argonne 1915), impression d'un témoin*. Édit. Hachette, Paris, 127 p.
- LOUCHE B., BRACQ P. et BONNET T. (1997) - Hydrogéologie des creuses. In : *Les creuses de la région Nord/Pas de Calais : premiers résultats d'études multicritères*, B. de FOUCAULT, J.P. COLBEAUX, T. BONNET, P. BRACQ, R. COURTECUISE, M. DEBUYSER, F. DOUAY, H. FOURRIER et B. LOUCHE, Annales de la Société Géologique du Nord, vol. 5, n° 2, p. 386-387.
- MATHIEU C., POMEROL C., JAMAGNE M., MAUCORPS J. et SOLAU J.L. (1971) - *Carte géologique au 1/50000, feuille de Vervins, n° XXVII-9*. Édit. Bureau de Recherche Géologique et Minière, Orléans.
- PINCHEMEL P. (1954) - *Les plaines de craie du nord-ouest du Bassin Parisien et du sud-est du Bassin de Londres et leurs bordures*. Édit. Armand COLIN, Paris, 502 p.
- TRICART J. (1952) - *La partie orientale du Bassin de Paris. 2 : L'évolution morphologique au Quaternaire*. Édit. SEDES, Paris, 474 p.

Article reçu le 18 mars 2016.

Accepté après révision le 27 mai 2016.

Mis en ligne le 9 juin 2016.