

CONTRASTES THERMIQUES EXTREMES A L'ECHELLE DU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG LORS D'UNE NUIT A FORT REFROIDISSEMENT PAR RAYONNEMENT (DU 18 AU 19 JUILLET 2006)

CHRISTIAN WAGNER, CYRILLE TAILLIEZ, LUCIEN HOFFMANN,
LAURENT PFISTER

Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann, Département en Environnement et Agro-Biotechnologies, 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Grand-duché de Luxembourg, e-mail : pfister@lippmann.lu

Résumé: Cette étude essaie de mettre en évidence les contrastes thermiques nocturnes pouvant apparaître à l'échelle du Luxembourg au cours d'une nuit à ciel clair dans laquelle le refroidissement par rayonnement infrarouge était intense. Elle se base d'une part sur les températures minimales enregistrées aux stations météorologiques des réseaux de l'ASTA, de l'ASS, du CRP-GL et du SMA et d'autre part sur les températures ambiantes mesurées lors d'une campagne de mesure mobile. De ce travail, il résulte que les différences de températures peuvent atteindre jusqu'à 10 °C entre les parties sommitales, remarquablement douces, et les zones déprimées, propices à l'accumulation d'air froid dans l'Oesling. D'autres secteurs ayant des températures agréables au cours des nuits à refroidissement surfacique intense par rayonnement sont formés par les zones urbaines dans le Gutland, à savoir les agglomérations de la Ville de Luxembourg et du Sud-Ouest du pays. Cette campagne de mesure sert d'outil de base à l'élaboration de modèles climatiques susceptibles de représenter les pôles d'air froid.

Mots-clés : topoclimatologie, campagne de mesure, nuit à fort refroidissement par rayonnement infrarouge

Abstract: The following study tries to point out nocturnal thermal differences occurring in Luxemburg during a night with increased radiation loss due to clear sky conditions. It takes into account the minimal temperatures of weather stations from ASTA, ASS, CRP-GL and SMA measuring networks and temperatures measured during a mobile measurement campaign. This work allows us to assume that the temperature difference can easily reach 10 °C between the summits, which stay warm, and the valleys that are favourable to cold air accumulation in the Oesling. Other sectors with comfortable temperatures during nights with long-wave radiation loss are formed by the urban areas in the Gutland which are the agglomeration of Luxembourg-City and the South-West of the country. This measurement campaign serves as basement for climatic models susceptible to represent cold air poles.

Keywords : topoclimatology, measurement campaign, night with increased radiation loss

Abréviations :

ASTA : Administration des Services Techniques de l'Agriculture

ASS : Administration des Services de Secours

CRP-GL : Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann

SMA : Service Météorologique de l'Aéroport

INTRODUCTION

La distribution horizontale et verticale des températures minimales dans la couche limite planétaire lors des nuits à fort bilan d'énergie négatif par rayonnement infrarouge est un des phénomènes les plus marquants en topoclimatologie. Il résulte du refroidissement surfacique différentiel lequel est lié à un vent synoptique calme et une absence de nuages. L'impact que ces nuits peuvent avoir sur l'ambiance climatique d'une région se constate sur l'état de la végétation (GEIGER 1995). En milieu urbain, la date de floraison est généralement avancée de plusieurs jours. Lors des ces nuits, la ville avec sa couronne figure comme un véritable îlot de chaleur urbain. Ce sont principalement les températures du soir qui restent plus élevées en milieu urbain qu'en milieu rural. D'après les travaux d'OKE (1987), une ville de 1,000 habitants peut déjà générer des températures minimales de 2 °C supérieures par rapport à celles du milieu rural.

D'une manière générale, la répartition des températures nocturnes lors des nuits à refroidissement intense par rayonnement infrarouge est dictée par deux catégories d'éléments : la topographie et les activités humaines. Les formes du relief conditionnent la distribution spatiale des vents locaux entraînant ainsi soit une évacuation, soit une stagnation de l'air en place. Les profils des pentes des versants peuvent soit entretenir soit perturber des écoulements catabatiques. Ces derniers se font le long des pentes par gravité et contribuent ainsi à la formation de pôles d'air froid en vallée (KASTENDEUCH 1996). Le déplacement de cet air et sa trajectoire sur des sources humides peuvent provoquer une recharge en vapeur d'eau. L'air pouvant devenir saturé en eau se condense alors formant du brouillard par endroits. Ainsi, au cours des nuits à fort refroidissement par rayonnement infrarouge, les plateaux connaissent des températures minimales plus élevées que les vallées et cuvettes avoisinantes, dans lesquelles la fréquence des brouillards est accentuée.

Toutefois, une vallée fortement urbanisée peut également restituer la chaleur accumulée le jour et ainsi rester plus chaude pendant la nuit que les plateaux environnants. Les contrastes thermiques dépendent donc aussi du type d'occupation du sol, du taux d'urbanisation (sol imperméabilisé), du trafic routier et de la localisation des sources d'émission de chaleur (habitations, usines, ...).

D'autres éléments secondaires qui conditionnent également les topoclimats, mais ceci dans une moindre importance, s'ajoutent aux deux catégories précédemment décrites tels que la longueur de la nuit ou encore l'énergie solaire reçue en journée, elle-même directement fonction de la couverture nuageuse en journée.

L'étude décrite ci-après cherche à mettre en évidence les différents topoclimats pouvant survenir sur le territoire luxembourgeois lors d'une nuit à fort refroidissement suite à la perte d'énergie par rayonnement infrarouge à partir des températures minimales mesurées par le réseau des stations météorologiques fixes. Elle se complète par une analyse de l'évolution des données thermométriques enregistrées lors d'une

campagne de mesure mobile entreprise au cours de la même nuit.

L'étude se veut plutôt descriptive, tout en essayant d'émettre des hypothèses sur les causes des différents contrastes thermiques, mais sans décrire avec précision les mécanismes en jeu. Ces processus, qui sont majoritairement de nature radiative restent à clarifier lors de prochaines campagnes de mesure.

LES CARACTERISTIQUES TOPOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

Le Grand-duché de Luxembourg se compose de deux ensembles géomorphologiques bien distincts, à savoir l'Oesling dans sa partie septentrionale et le Gutland occupant les deux tiers sud du pays. La topographie reflète bien ces configurations géologiques. Le Gutland présente plusieurs plateaux, lesquels sont superposés les uns sur les autres pour former un relief de cuestas. Ces dernières forment les plus grandes discontinuités dans le Gutland. Le plateau formé par le calcaire du Dogger, qui longe la frontière française dans le Sud-Ouest du pays culmine jusqu'à 435 m d'altitude (Kalebiërg). La pente de la cuesta présente un profil convexo-concave. Sur la plaine en contrebas du plateau, l'altitude avoisine les 270 m.

Un autre plateau formé par les grès du Luxembourg recouvre la majeure partie du Gutland. Il est fortement disséqué par des vallées, qui peuvent soit être encaissées dans une seule roche dure (grès), soit être plus ouvertes quand leurs cours d'eau se sont creusés dans une série géologique formée par une couche dure superposée (grès) et une couche tendre sous-jacente (marnes). Ainsi, la vallée de l'Alzette présente des discontinuités abruptes à la hauteur de la ville de Luxembourg, alors que plus en aval, le profil convexo-concave de ses versants résulte de la superposition des deux couches géologiques. D'autres cours d'eau (Eisch, Mamer) connaissent les mêmes profils de vallée fortement creusée dans leur partie aval.

Les points déprimés de ces vallées se retrouvent généralement à une altitude entre 220 et 230 m. Le plateau des grès du Luxembourg culmine à 425 m dans son secteur le plus élevé (Gréngewald). Le dénivelé de l'escalier formé par la cuesta des grès est semblable à celui formé par les vallées. La plaine en contrebas sur laquelle s'écoule la Syre a une altitude moyenne de 230 m. Ce dernier étage se prolonge jusqu'à la vallée de la Moselle.

Toute cette partie orientale du pays, qui est constituée des marnes bariolées et des calcaires dolomitiques connaît des élévations qui dépassent de peu les 300 m à la bordure du plateau avec le sillon formé par la vallée de la Moselle. Celle-ci s'écoule en forme de méandres à une altitude comprise entre 130 à 150 m. Sa vallée est plus ouverte dans sa partie amont (entre Schengen et Remich). Elle y présente des pentes à profils convexo-concaves. En aval, elle est incisée dans les calcaires dolomitiques, où elle forme une vallée étroite à pentes abruptes.

De par ces différences de profils de versant et d'altitudes, il en résulte des conditions météorologiques n'étant pas forcément identiques sur l'ensemble du territoire. Les topoclimats les plus nets qu'on peut rencontrer au Grand-duché se situent ainsi dans la zone de transition entre les deux entités géomorphologiques Oesling et Gutland. Les vallées de l'Attert et la partie aval de la Sûre à partir d'Ettelbruck sont le siège des contrastes topoclimatiques les plus accrus. Le dénivelé entre le premier rebord de l'Oesling (près de 500 m) et ces deux vallées (près de 200 m) représente plus ou moins 300 m. Les vallées des cours d'eau ardennais, même s'ils se sont fortement creusés dans l'ancien massif, n'atteignent pas ces mêmes profondeurs, surtout dans la partie septentrionale de l'Oesling, où les altitudes oscillent entre 400 et 500 m. La pénétaine y est moins accidentée. Le réseau hydrographique y est moins dense et moins creusé. Les vallées sont donc plus ouvertes que dans la partie méridionale de l'Oesling.

Sur le plan climatique, l'Oesling dû à son élévation, affiche des températures annuelles toujours plus froides que celles enregistrées dans le Gutland (PFISTER *et al.* 2005). Les températures annuelles les plus fortes se retrouvent sur les versants de la vallée de la Moselle. Ces secteurs sont épargnés de l'accumulation d'air froid pendant la nuit, alors que pendant la journée ils demeurent plus chauds que les plateaux environnants. Les vallées de l'Alzette et la partie aval de la Sûre révèlent les mêmes caractéristiques climatiques que la vallée mosellane, toutefois dans une moindre importance.

D'autres vallées plus fermées et peu urbanisées du Gutland se détachent de ces vallées principales par des températures annuelles plus fraîches. Elles résultent principalement des températures nocturnes, qui peuvent remarquablement chuter par rapport aux températures sur les plateaux. Ces vallées reçoivent en général une faible quantité d'énergie solaire pendant la journée, à cause de l'effet de masque provoqué par les hauteurs environnantes. Il s'ajoute que ces vallées sont occupées par des villages de petite taille ne pouvant pas vraiment réchauffer l'atmosphère.

Un climat particulier est formé par les zones urbanisées du Sud du pays et la ville de Luxembourg. Suite à leur taux d'urbanisation élevé, les centres de ces pôles urbains bénéficient de températures annuelles plus élevées. Même si, par temps perturbé, aucune différence de température n'est constatée entre ville et campagne, les quelques nuits avec un bilan d'énergie négatif permettent toutefois de garder des températures nocturnes suffisamment chaudes pour rehausser la moyenne annuelle.

SITUATION MÉTÉOROLOGIQUE DANS LA NUIT DU 18 AU 19 JUILLET 2006

En même temps que sur la zone Europe-Atlantique Nord, la circulation atmosphérique en altitude décrit des méandres, le courant-jet fut dévié sur le Labrador en direction du Sud-Est, vers la Péninsule Ibérique. Il contourna une vallée planétaire sur son flanc méridional. Celle-ci fut centrée sur la zone maritime au sud de l'Islande.

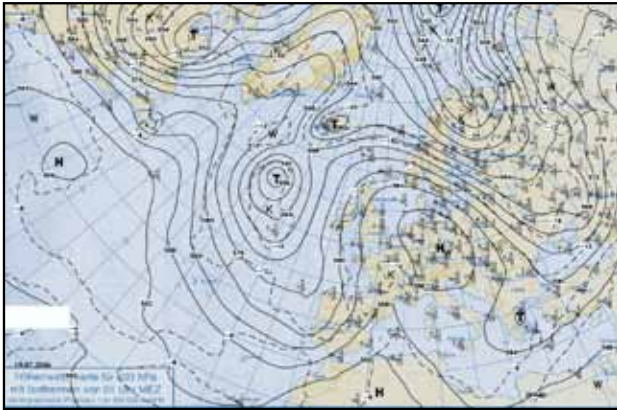
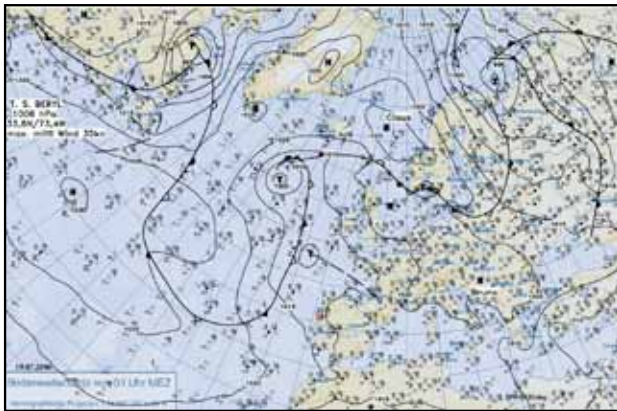


Fig. 1. Cartes de la situation météorologique (en haut) au niveau 500 hPa et (en bas) au sol.
Source : Berliner Wetterkarte.



A l'opposé, sur le Nord de l'Afrique, une crête planétaire a pu s'étendre en direction du Nord pour recouvrir toute l'Europe Centrale dans la nuit du 18 au 19 juillet 2006. La carte de la situation atmosphérique à 500 hPa (Fig. 1) montre que la crête planétaire a émis une onde d'air chaud sur l'Europe Centrale.

Le courant-jet passa entre les deux pivots quasi-stationnaires formés par la vallée planétaire sur l'Atlantique Nord et la crête planétaire sur l'Europe Centrale. Il prit une orientation SSW-NNE sur la Péninsule Ibérique pour rejoindre la Mer de Norvège. De la zone maritime autour des Iles Shetland, il retomba

en direction du SE sur la Mer Noire. Ainsi, il contourna le flanc nord de la crête planétaire s'étendant jusqu'à la Mer du Nord.

Les principales zones d'action se retrouvèrent donc décalées sur l'Europe Septentrionale. La vallée planétaire de l'Islande propagea au sol une perturbation atlantique dont le front chaud se trouva allongé de la Mer de Norvège à la Mer Baltique et le front froid s'étendit selon un axe N-S sur le Proche-Atlantique (Fig. 1). Un vaste anticyclone dont le centre se situa près des Iles Britanniques engloba toute Europe continentale à l'exception de la partie Est. Toutefois, des creux dépressionnaires générateurs d'orages se montrèrent sur les côtes portugaises et sur le Golfe de Gascogne.

D'après le « Katalog der Großwetterlagen Europas » (GERSTENGARBE & WERNER 1999) qui est toujours opérationnel auprès du DWD (Deutscher Wetterdienst), il s'agit d'une situation de type HB (Hoch über den Britischen Inseln). Ce type de situation génère également des conditions anticycloniques sur l'Europe Centrale. Il apporte sur son flanc méridional des masses d'air sèches par l'Est.

Ainsi, le baromètre à la station synoptique du Findel afficha une pression atmosphérique de 1020 hPa au moment de l'établissement de la carte instantanée représentant la situation météorologique de 0 heure UTC (Fig. 1). Elle communique également un ciel clair sans nuages et des vitesses de vent très faibles (inférieures à 4m/s). Le point de rosée fût de seulement 9 °C, alors que la température ambiante mesurée au Findel atteignit 23 °C. Ceci prouve que la masse d'air en place fût particulièrement sèche.

La sécheresse de cette masse d'air peut être mise en évidence à l'aide du radiosondage réalisé à 0 heure UTC à Idar-Oberstein (Fig. 2 ; la courbe des températures ambiantes et celle des températures du point de rosée sont espacées). Une inversion thermique d'origine radiative s'était déjà formée dès les premières heures de la nuit. Ainsi, la température près du sol s'était refroidie par rayonnement infrarouge, provoquant une augmentation des températures avec l'altitude. L'inversion thermique s'éleva jusqu'à 500 m, qui correspond à l'altitude approximative du massif environnant. Au-dessus de 500 m, on retrouva à nouveau une évolution des températures avec l'altitude selon l'atmosphère standard (la température diminue avec l'altitude).

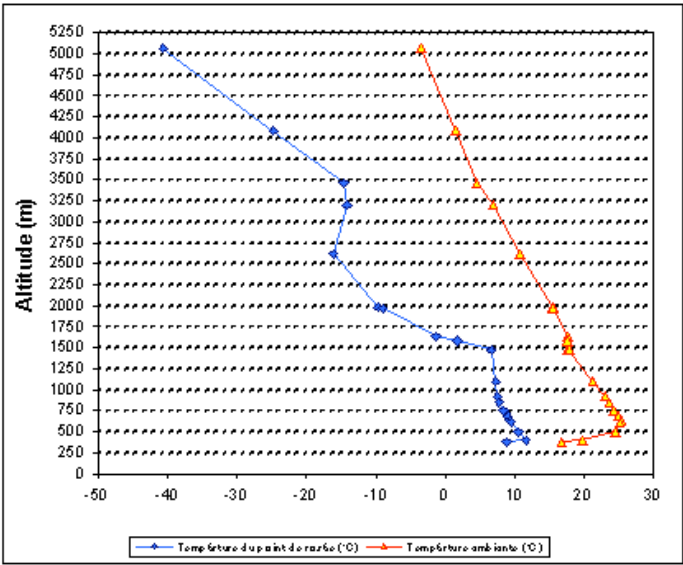


Fig. 2 : Radiosondage d'Idar-Oberstein de 0 UTC. Source : <http://weather.uwyo.edu>

Notons toutefois que l'inversion thermique à la base qui se montre sur le radiosondage est un phénomène local dans ce sens qu'il ne représente que la variation verticale de la température dans la vallée d'Idar-Oberstein. Ainsi, l'évolution des températures ne doit pas forcément être analogue dans chaque vallée. L'inversion thermique peut être plus prononcée dans certaines vallées, dans d'autres les températures peuvent être plus neutres.

A l'inverse, l'évolution des températures dans la couche superposée peut être projetée à l'échelle régionale (étant donné que l'advection en altitude est très faible). De ce fait, la couche en altitude, qui devint particulièrement sèche au-dessus de 1500 m, s'étendit sur l'ensemble de la Grande Région (il n'y eut donc pas de renouvellement de la masse d'air).

DISTRIBUTION SPATIALE DES TEMPÉRATURES MINIMALES AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU RÉSEAU FIXE

Dans cette étude, nous nous basons sur les données thermométriques fournies par les réseaux de mesure ASS (Administration des Services de Secours), ASTA (Administration des Services Techniques de l'Agriculture), CRP-GL (Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann) et les données produites à la station synoptique de l'aéroport. Il est évident que ces différentes institutions n'utilisent pas les mêmes instruments de mesure de même que les réglementations à respecter lors de l'implantation de leurs parcs météorologiques ne sont pas identiques. Des bâtiments environnants ou des haies se trouvant à proximité de la sonde de températures peuvent influencer le comportement de la température mesurée.

De ce fait, ce sont aussi les caractéristiques du milieu dans lequel les températures sont mesurées qui jouent (FISCHER 2001). Une station météorologique ne doit pas forcément être représentative de la région dans laquelle elle mesure (voir plus loin l'exemple de la station météorologique d'Obercorn). La variation spatiale de la température est ainsi influencée aussi bien par la topographie et l'occupation du sol que par le milieu proche où elle est mesurée (CARREGA 1994).

Il en résulte que l'analyse spatiale des températures minimales mesurées aux différentes stations météorologiques est accompagnée d'une description des différents sites de mesure. Ainsi, des caractéristiques spécifiques à certaines stations météorologiques sont aussi mentionnées ci-après afin de mieux comprendre l'excédent ou le déficit thermométrique de certaines stations météorologiques.

A première vue, la répartition des températures minimales s'avère être tout à fait aléatoire (Fig. 3). En considérant l'altitude des différentes stations météorologiques, on s'aperçoit que les stations de vallée connaissent majoritairement les températures les plus basses, alors que les stations sommitales affichent les températures minimales les plus clémentes.

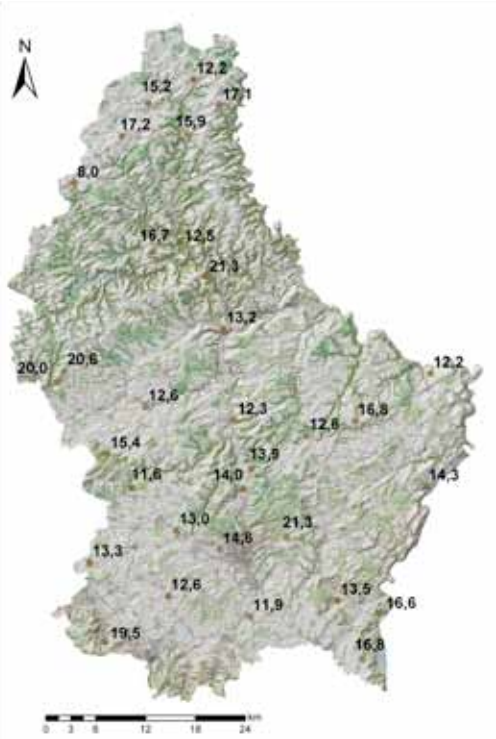


Fig. 3. Températures minimales mesurées lors de la nuit du 18 au 19 juillet 2006 par les stations météorologiques du réseau de mesure fixe (ASS, ASTA, CRP-GL, SMA).

STATION	TM	Z	X	Y
Asselborn	15.2	478	65825	129208
Clemency	13.3	334	58805	73834
Roodt (ASTA)	20.0	444	54896	95569
Bourscheid	21.3	480	72714	108431
Dahl	16.7	493	66475	111286
Mullendorf	14.0	226	77330	82690
Waldbredimus	13.5	192	88659	69227
Heinerscheid	17.1	522	74426	128863
Kautenbach	12.5	247	69730	112481
Mersch	12.3	218	76243	90955
Echternach	12.2	243	99810	96570
Ettelbruck	13.2	202	74929	101950
Godbrange	12.6	328	84886	89100
Grevenmacher	14.3	185	99275	82971
Holler	12.2	469	71323	132012
Koerich	11.6	262	63906	82792
Lorentzweiler	13.9	237	78273	85038
Mamer	13.0	315	69240	77696
Merl	14.6	307	74465	75380
Obercorn	19.5	375	60650	64215
Reckange	12.6	295	68259	69758
Remich	16.6	205	93532	67844
Reuler	15.9	492	70535	125450
Roeser	11.9	266	78089	67316
Schimpach	8.0	379	56990	119510
Useldange	12.6	284	65530	92570
Wincrange	17.2	494	62700	125210
Findel	21.3	376	82552	76843
Burmerange	16.8	262	91650	62235
Hovelange	15.4	293	60955	66890
Hersberg	16.8	377	90751	90859
Roodt (CRPGL)	20.6	488	55764	96914

Des stations, comme par exemple Lorentzweiler ou Mullendorf échappent toutefois à cette règle. La vallée de l’Alzette, à cause de son taux d’urbanisation et de l’ouverture de la vallée présente des températures relativement agréables par rapport aux autres vallées. Koerich fournit un exemple opposé, dans la mesure où cette station se situe en fait dans la vallée fortement encaissée de l’Eisch. D’ailleurs, ce constat que les vallées ouvertes ont tendance à rester plus chaudes pendant les nuits radiatives que les vallées fermées et encaissées a aussi pu être fait en Haute-Belgique (ERPICUM 1979).

De plus, la station de Koerich se situe à proximité de l’Eisch. Toutes les stations proches d’un cours d’eau révèlent des températures minimales particulièrement fraîches. La station météorologique de Roeser se situant tout près de l’Alzette, fournit une température minimale inférieure à 12 °C. Eloignée du cours d’eau d’une centaine de mètres, la station de Reckange/Mess mesure une température légèrement

plus chaude (12.6 °C). De même, Schimpach (8 °C) qui se trouve très proche de la Wemperbach correspond au secteur le plus froid de la zone d'étude. D'une manière générale, on constate que les vallées de l'Oesling sont très propices à la formation de pôles d'air froid. La station de Kautenbach forme une exception : alors qu'elle se trouve sur les berges de la Wiltz, elle indique une température minimale de 12.5 °C. Cette valeur assez élevée s'explique vraisemblablement par les versants recouverts de forêts capables d'atténuer les écoulements catabatiques (ERPICUM 1979). La fixation de la sonde sur la façade d'une maisonnette peut exercer une influence, de même que la proximité des voies ferrées.

Quant aux valeurs de Remich et de Grevenmacher, elles résultent plutôt de l'emplacement des deux stations que des caractéristiques climatiques de la vallée proprement dite. Ces deux stations occupent les parties supérieures du versant de la vallée mosellane. Ces endroits échappent souvent à l'accumulation de l'air froid en vallée (PAUL 1996). Ainsi, il se peut que la température chute davantage au fond de la vallée.

Les températures les plus élevées se concentrent toutes (à l'exception de l'aéroport) sur le premier rebord de l'Oesling. Des écoulements catabatiques sont susceptibles d'en être responsables. Ceux-ci se font le long du versant, évacuant ainsi l'air frais, qui s'est concentré pendant la journée sur les plateaux, en direction du fond de vallée. La température élevée de l'aéroport devrait vraisemblablement résulter du mauvais emplacement. En effet, la station se retrouve entourée de plusieurs bâtiments réchauffant l'atmosphère environnante. Elle profite entre autre aussi de l'effet de chaleur urbain provoqué par l'espace fortement urbanisé.

Au cours de la même nuit, la station de Merl affiche un minimum thermique de 13 °C. Cette station météorologique révèle plus des caractéristiques rurales qu'urbaines. Elle est localisée en dehors de l'espace urbain à quelques mètres du cimetière, figurant lui-même déjà comme pôle d'air froid. Ainsi, il est clair que la température reste plus chaude à l'intérieur du tissu urbain, et qu'on ne peut pas prendre la station de Merl comme station de référence du climat urbain de la Ville de Luxembourg.

Une autre station, qui cette fois-ci est plus typique du climat urbain, est celle d'Obercorn. Elle connaît des températures remarquablement élevées durant les premières heures de la nuit. D'ailleurs, la température n'est pas passée en dessous de 19.5 °C au cours de la nuit du 18 au 19 juillet 2006.

Cette analyse confirme que les stations météorologiques fixes ne sont que partiellement utilisables en topoclimatologie. De plus, les températures minimales nocturnes ne surviennent pas forcément au même moment de la nuit aux différentes stations.

CAMPAGNE DE MESURE MOBILE DES TEMPÉRATURES AMBIANTES (DE 3 HEURES (1H UTC) À 6 HEURES (4H UTC))

La campagne de mesure mobile devait permettre d'évaluer les ambiances climatiques entre les stations météorologiques fixes. Elle a été réalisée à l'aide d'une sonde thermo-hygrométrique HMP45C de Campbell installée à 2 m de hauteur sur le toit

d'une voiture. La fixation sur le toit n'entraîne pas d'élévation de la température mesurée par un réchauffement dû au toit par rayonnement solaire, étant donné que cette campagne de mesure est réalisée exclusivement avant le lever du soleil.

Les températures, enregistrées toutes les 10 secondes par une centrale d'acquisition CR10X, étaient affichées sur un écran de l'ordinateur portable. A chaque point de mesure, défini avant la campagne de mesure, la température affichée était notée sur papier.



Le point de départ de la campagne de mesure était le parking du CRP-GL (Fig. 4). La température ($15.4\text{ }^{\circ}\text{C}$) y était $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ plus basse que dans le giratoire en haut du village ($16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ce site est d'ailleurs connu pour avoir des températures matinales toujours plus fraîches que celles mesurées dans le village. Ici, il y a vraisemblablement deux facteurs qui jouent : d'une part, l'habitat dense dans le village qui empêche toute évacuation de l'air stagnant sur la route principale et d'autre part, le site du CRP-GL se situant dans une petite cuvette, où l'air froid peut facilement s'accumuler.

A la hauteur de l'entrée dans Obercorn ($18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$) une augmentation des températures avait été constatée. Elles n'atteignent cependant pas les valeurs élevées de la station météorologique ($20.9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Celle-ci se situe sur une butte encore plus élevée que la route. Il s'ensuit que cette station météorologique, qui connaît souvent les températures nocturnes les plus élevées du Grand-duché, ne peut en aucun cas être considérée comme représentative des conditions thermiques propres au village. D'ailleurs, le thermomètre de la sonde mobile redescend encore davantage ($15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans la cuvette occupée par le village d'Obercorn.

Les températures mesurées sur le plateau du Dogger présentèrent à nouveau des valeurs plus élevées ($18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Il s'agit d'un plateau ouvert sans grand obstacle à une évacuation de l'air froid vers des zones plus basses. Il se peut ainsi que le village

Fig. 4. Températures ambiantes (en dixièmes de degrés Celsius) lors de la campagne de mesures effectuée dans la nuit du 18 au 19 juillet 2006 sur le tronçon Belvaux-Useldange (de 3h00 à 4h05).

en contrebas constitue le pôle d'air froid qui est alimenté par le plateau. Ceci pourrait aussi expliquer les températures beaucoup plus élevées mesurées sur la butte, qui pourrait profiter de son isolement lors de l'évacuation de l'air froid vers la vallée.

Les températures rechurent à nouveau en redescendant sur Differdange (16.8 °C). Elles restèrent tout de même élevées en comparaison aux températures mesurées dans d'autres vallées. Ainsi, le bassin minier du Sud du pays peut être considéré comme un secteur plus chaud (dû à son fort taux d'urbanisation) que l'environnement en périphérie lors des nuits radiatives. A la sortie de cette zone fortement urbanisée, on assista à une baisse assez spectaculaire des températures. Elles perdirent 3 °C entre la sortie du village de Niedercorn (18.0 °C) et le giratoire de la Biff (15.0 °C).

Sur le tronçon Bascharage-Clémency, les températures restèrent assez constantes (entre 14 et 15 °C). Elles baissèrent encore de 1 °C dans la zone faiblement urbanisée autour du village de Grass (13.4 °C) avant de remonter dans le village de Steinfort.

D'une manière générale, la répartition des températures sur le tronçon Clémency-Koerich est plutôt conditionnée par l'occupation du sol. Les villages sont de quelques dixièmes de degrés plus chauds que l'espace environnant.

La vallée de l'Eisch, à cause de son encaissement et de son faible tissu urbain s'avère être une zone particulièrement froide. D'ailleurs, les données thermométriques de la station météorologique de Koerich (12.6 °C), se localisant dans la vallée de l'Eisch, laissaient déjà envisager ce constat. Les températures y furent comprises entre 11 et 12 °C au cours de cette nuit (Septfontaines, 11.6 °C).

En sortant de la vallée de l'Eisch, le village de Greisch sur le plateau témoigna à nouveau de températures plus clémentes (13.2 °C). En amont du village, le thermomètre afficha même 17.1 °C. Sur ce tronçon de mesure, ce fut à nouveau la topographie qui influa en premier sur la variation spatiale des températures. L'explication de la répartition spatiale des températures dans le secteur de Saeul s'avéra plus délicate. Les températures y restèrent assez chaudes dans cette partie, alors que le village de Saeul (16.6 °C) se retrouva dans une zone déprimée. Les vastes espaces forestiers autour du village pourraient constituer le facteur explicatif.

La vallée de l'Attert correspondit à nouveau à une zone froide (Fig. 5). Les températures y furent de 12 °C. La station météorologique d'Useldange afficha une température légèrement plus chaude (13.8 °C). La différence thermique résulta du site de mesure de la station fixe, qui se retrouva sur un sommet d'interfluve haut d'une quarantaine de mètres par rapport à la route (par rapport au fond de la vallée proprement dite). Il s'ensuit à nouveau que les données thermométriques que la station fournit ne doivent pas forcément être identiques aux températures dans le village, qui est localisé dans la vallée de l'Attert.

Les valeurs thermométriques restèrent également proches de 12 °C en remontant la vallée de la Roudbaach. A partir de Grosbous, les températures remontèrent rapidement pour atteindre presque les 20 °C sur le plateau d'Eschdorf. En descendant en vallée, les températures dégringolèrent dans le Heischtergronn (12.3 °C).

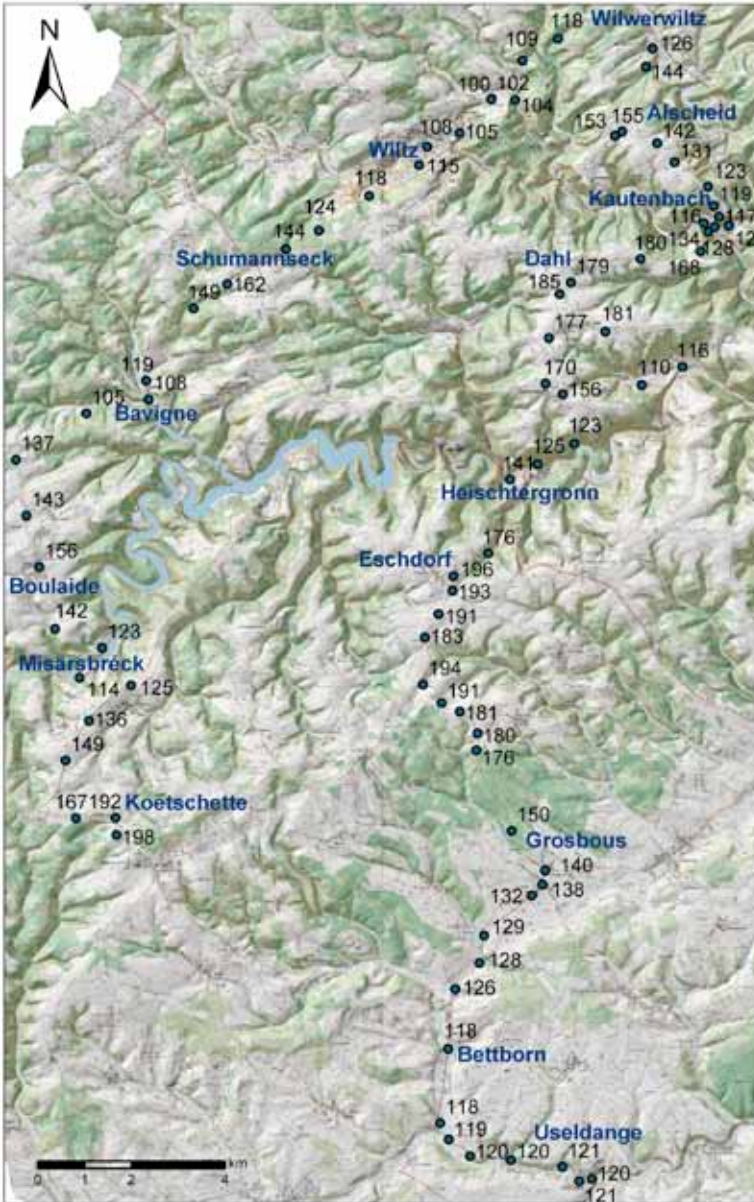


Fig. 5. Températures ambiantes (en dixièmes de degrés Celsius) lors de la campagne de mesures effectuée dans la nuit du 18 au 19 juillet 2006 sur le tronçon Useldange-Koetschette (de 4h05 à 5h47).

Cette chute spectaculaire des températures apparaît également sur le tronçon Bockholtzermillen-Goesdorf. Alors que la température fut de 11.0 °C à Bockholtz, elle atteignit 17.0 °C à Goesdorf sur le plateau. Elle resta très homogène sur ce plateau (Dahl 18.1 °C, Nocher 17.9 °C). Kautenbach, se situant en vallée, présenta à nouveau des températures de 11.0 °C. La hausse des températures ne fut pas aussi marquée en remontant sur le plateau d’Alscheid (15.5 °C). De même la baisse des températures en descendant sur Wilwerwiltz (12.6 °C) ne fut que de 3 °C.

Le trajet entre Wilzerwiltz et Wiltz, dont la route traverse différentes petites vallées non urbanisées (Kirel, Ierpeldéngerbaach) témoigne de températures très basses oscillant autour de 10 °C. La température ne remonta que légèrement à l’entrée du village d’Erpeldange. Elle resta également fraîche dans la zone plus urbanisée de Wiltz. Ici, l’habitat, contrairement à celui rencontré dans le bassin minier, n’est pas assez dense pour maintenir des températures beaucoup plus élevées.

La montée sur le Schumannseck se traduit à nouveau par une hausse des températures (16.2 °C) et la descente vers Bavigne par une baisse des températures (10.5 °C). Ce même gradient thermique vertical a pu être observé entre Boulaide (15.6 °C) et le Misärshaff (11.4 °C), le dénivelé d’altitude entre les deux sites étant moins fort (Fig. 6).

En remontant sur Koetschette (19.8 °C), le thermomètre grimpa jusqu’aux valeurs qu’on a rencontrées sur le tronçon Lehrhaff-Eschdorf. Ceci démontre que les températures les plus élevées au cours de cette nuit se rencontrèrent bien sur le premier rebord de l’Oesling.

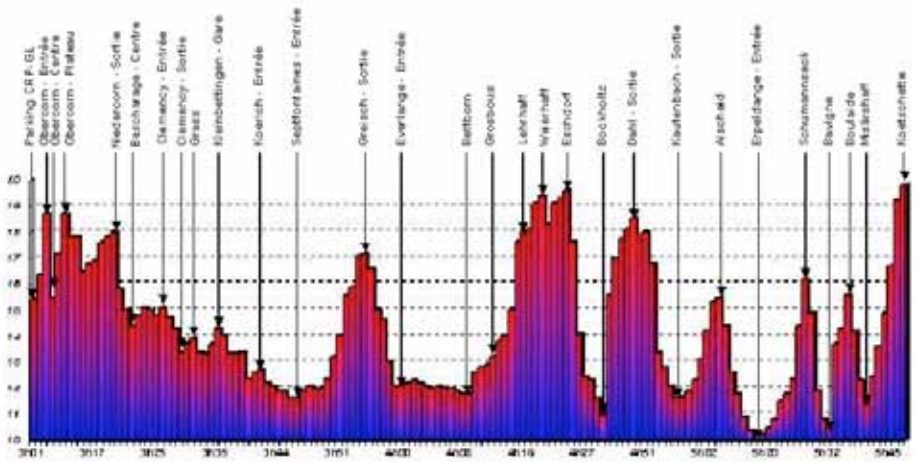


Fig. 6. Evolution de la température ambiante lors de la campagne de mesure nocturne du 18 au 19 juillet 2006.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette première étude réalisée sur les topoclimats du Grand-duché de Luxembourg s'est basée sur les minima thermométriques enregistrés aux stations météorologiques du réseau fixe et sur les températures ambiantes mesurées lors d'une campagne de mesure mobile. Le choix de l'analyse de la température de l'air peut sembler banal en première analyse, mais il offre l'avantage de mettre en exergue la notion des types de temps, qui peuvent survenir sur un territoire aussi petit que celui du Luxembourg.

Aucune variable d'ordre climatologique caractérisant l'état de l'atmosphère à un moment et en un lieu donnés, n'est indépendante des autres variables climatiques. De cette façon, l'humidité relative dépend de la température en supposant que la masse d'air n'atteigne pas son point de rosée et qu'il n'y ait pas de changement de masse d'air. La température renseigne donc aussi sur l'ambiance hygrométrique d'un endroit donné.

Dans les Hautes Fagnes, ERPICUM (1980, 1984) a mis en évidence la très faible variabilité spatiale des températures pendant le jour alors que leur variabilité s'avère être beaucoup plus grande pendant la nuit, et cela surtout en période estivale. Vu la stabilité de l'atmosphère pendant la nuit, la distribution des températures lors d'une nuit à ciel clair et vent synoptique absent donne ainsi de très bonnes indications sur la répartition des différents topoclimats.

Cette étude, bien qu'elle soit purement descriptive, a permis d'aboutir à quelques constats préliminaires, prometteurs, pouvant servir à d'éventuelles études supplémentaires sur les topoclimats au Luxembourg :

Des écarts thermiques de plus de 10 °C peuvent survenir sur le territoire du Luxembourg.

La distribution des températures minimales est en premier lieu conditionnée par la topographie. Cette constatation vaut en premier lieu pour la zone de transition entre l'Oesling et le Gutland.

Les températures minimales extrêmes sont observées au fond des vallées encaissées, à proximité des cours d'eau.

La présence de forêts ainsi que l'ouverture plus grande des vallées ont tendance à amoindrir les écarts de température mesurés au même moment en vallée et sur le plateau.

L'effet de chaleur urbain est particulièrement prononcé dans l'agglomération urbaine de la ville de Luxembourg.

La zone urbaine à bâti dense formée par l'ancien bassin minier génère également de forts contrastes thermiques. Ici, une part de la chaleur dégagée devrait vraisemblablement venir des usines sidérurgiques encore en service.

De cette étude, il apparaît également que les températures minimales absolues de l'année ne s'observent pas sur les points culminants, mais bien dans les petites vallées

dénudées de l'Oesling. Il est bien évident que les observations faites lors d'une seule nuit ne peuvent valoir que pour des cas de situations météorologiques semblables. Par temps perturbé, le gradient thermique vertical s'inverse : la température sur les sommets devient plus basse que celle présente en vallée.

RÉFÉRENCES

- CARREGA P. (1992). Topoclimatologie et Habitat, Université de Nice, Thèse de doctorat, publiée en 1994, In «Revue d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée», Nice, 35-36: 348 p. + annexe.
- ERPICUM M. (1979). Le climat de vallée en Haute-Belgique. Analyse en fonction des types de temps. Bull. Soc. Géogr. de Liège **15**: 143-155.
- ERPICUM M. (1980). Les contrastes thermiques nocturnes entre vallée et plateau : esquisse de leur modélisation à partir de facteurs climatiques locaux et régionaux mesurés en Haute-Belgique. Recherches Géographiques, Strasbourg **13-14**: 107-113.
- ERPICUM M. (1984). Variation temporelle des disparités locales de la température en Haute-Belgique. Analyse menée en fonction du milieu géographique et des variables météorologiques concomitantes. Thèse de doctorat, Université de Liège, Vol. 1, 210 p. + annexes ; Vol. 2, 159 p. + bibliographie
- FISCHER L. (2001). Etude de paramètres climatiques pertinents en vue de l'amélioration de la prévision des pointes de pollution par l'ozone dans l'agglomération de Strasbourg. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, p. 175.
- GEIGER R. et al. (1995). The climate near the ground, Sixth Edition, Rowman & Littlefield Publishers, Inc., Lanham, p. 491.
- GERSTENGARBE F.-W., WERNER P.C. unter Mitarbeit von RUGE U. (1999). Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-1998) nach PAUL HESS und HELMUT BREZOWSKY. 5. verbesserte und ergänzte Auflage, Potsdam-Inst. f. Klimafolgenforschung, Offenbach a. M., p.138 (<http://www.pik-potsdam.de/>)
- KASTENDEUCH P. (1996). Analyse à plusieurs échelles et modélisation des régimes de vents d'été dans le Fossé rhénan méridional. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, p. 176.
- OKE T.R. (1987). Boundary layer climates (Second edition). Routledge, Cornwall, p. 433.
- PAUL P. (1996). Topoclimats dans le domaine tempéré semi-océanique, In : L'Homme et les Climats: Approche Régionale, p. 197-226.
- PFISTER L., WAGNER C., VANSUYPEENE E., DROGUE G. & HOFFMANN L. (2005). Atlas climatique du Grand-duché de Luxembourg, Musée national d'histoire naturelle, Société des naturalistes luxembourgeois, Centre de recherche public - Gabriel Lippmann, Administration des services techniques de l'agriculture, Luxembourg, p. 80.