

Énoncé théorique de master - EPFL
Laure Pequignot

professeur énoncé théorique - Alexandre Blanc
directeur pédagogique - Marco Bakker
maître EPFL - Pauline Seigneur

EPFL - Lausanne, Janvier 2018

FIG 1 | Gravure de Laponie (page suivante)





SOMMAIRE

Préambule	11
Vie	17
Résistance	39
Implantation	45
Enveloppe	55
Circulation	67
Fatigue	77
Engourdissement	83
Silence	91
Flou	95
Épuisement	105
Débouchés	117
Table des figures	127
Sources	131

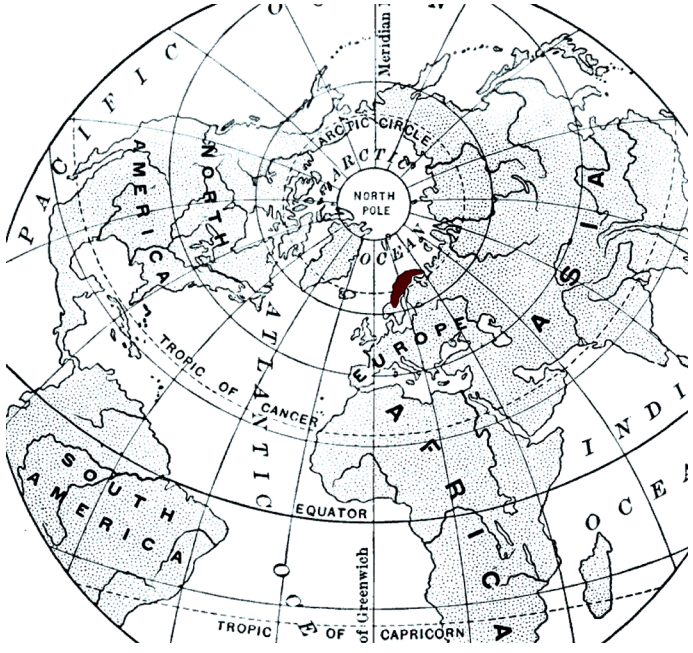


FIG 2 | Situation de la Laponie

PRÉAMBULE

Les êtres vivants interagissent avec leur environnement. Hommes, animaux et plantes se sont tous adaptés aux milieux dans lesquels ils évoluent en profitant des ressources disponibles et en se protégeant des dangers. Tous les organismes sont conditionnés par des cycles internes ou externes, périodiques, pendant lesquels se déroulent une succession de phases régulières et répétitives. Les cycles de reproduction et de maturation, les cycles de jour et de nuit, de saisons et d'années. La suite de ces phénomènes qui s'alternent à différentes échelles ainsi que les conditions nécessaires au maintien de la vie sont la base de la présente réflexion. L'évolution des événements, qui d'ordinaire ramène un système à son état initial et lui permet de subsister grâce à des phases d'éveil et de repos, est-il possible dans des conditions extrêmes ? Comment réagit la vie, à court et à long terme, si on la prive trop longtemps de chaleur et de lumière, essentielles à sa survie ?

La Laponie, utilisée comme territoire d'investigation, est une région boréale européenne, située dans le Nord de la Fennoscandie (Norvège, Suède, Finlande et presque île de Kola en Russie). Elle ne se définit pas par des frontières politiques mais par ses limites géographiques (*fig 1*), caractérisées par les espèces qui y vivent. Les conditions climatiques de cette région sont représentatives des zones polaires; extrêmes. Les êtres vivants qui occupent ce territoire ont trouvé des réponses stratégiques pour s'y adapter. La vie est conditionnée par un ensoleillement aux cycles longs,

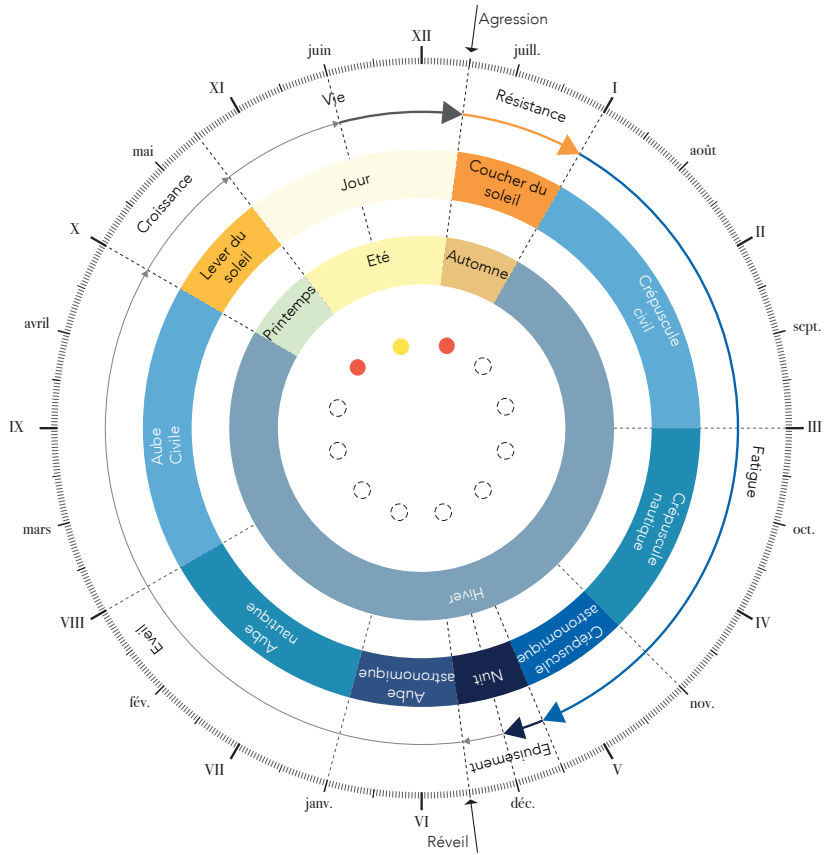


FIG 3 | Analogie entre une journée et une année
 18 novembre, 2018, Alta, Norvège, 69°58'07" N / 23°16'17" E

alternant les périodes lumineuses et obscures sur une année, périodes réparties habituellement sur 24 heures. Les saisons boréales correspondent, en terme de lumière et de chaleur, à nos jours et à nos nuits. Un parallèle étroit peut être fait entre l'enchaînement des saisons, le déroulement d'une journée et les réactions et ressentis que ces deux échelles temporelles provoquent sur le territoire et les organismes qui y vivent (fig 3). En Laponie, la nuit tombe lentement et reste longtemps.

Cet énoncé s'intéresse principalement à l'une des deux moitiés de ce cycle : celle durant laquelle les ressources se font de plus en plus rares et les conditions de vie deviennent de plus en plus hostiles. Cette évolution est celle de la nuit qui tombe et celle de l'hiver qui approche.

Afin de comprendre la succession des phénomènes que cette progression constitue, elle a été divisée en quatre phases : la vie, la résistance, la fatigue et l'épuisement. A ces différentes périodes sont liés des attitudes, des couleurs, et des ressentis propres.

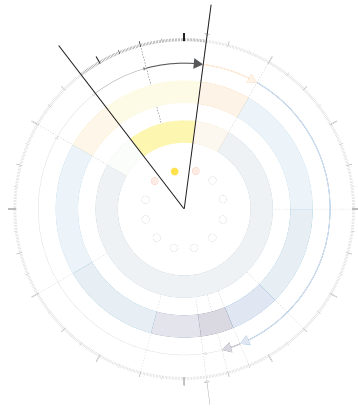
Ces quatre étapes correspondent aux chapitres de ce qui suit.

Lorsqu'il fait jour, nos capacités cognitives sont acérées. Les conditions de température et de lumière ne nous distraient pas et c'est le moment d'analyser et de chercher à comprendre ce que l'on voit. Le premier chapitre, la *Vie*, explique à quels défis climatiques les organismes vivants, soumis au faible rayonnement solaire de la Laponie, doivent faire face.

Lorsque le soleil se couche, il active le territoire par sa lumière rasante et obsédante. Tout le paysage se colore de couleurs reconnues pour leur capacités stimulantes alors que le froid s'intensifie. C'est un signal d'alerte qui prévient de l'arrivée imminente de l'hiver. Le deuxième chapitre, la *Résistance*, s'intéresse aux différentes adaptations, réactions et stratégies mises en place par les organismes vivants qui subissent l'agression du manque d'énergie. Toutes leurs forces sont mobilisées pour combattre. Le mouvement et l'action sont rois.

Lorsque le soleil descend sous l'horizon, la lumière est faible. Notre perception s'émousse. Le paysage devient bleu et nous entraîne vers le sommeil et les rêves. Ce troisième chapitre se concentre sur la phase de la *Fatigue* : lorsque les forces de tout organisme commencent à manquer. A partir de ce stade, il ne combat plus, ne se défend plus, mais accepte les effets que les conditions extérieures ont sur lui.

Après la disparition du soleil, la nuit tombe et tout semble s'arrêter ; les yeux se ferment. Le dernier chapitre traite de l'*Épuisement*, inéluctable dans le cas d'une agression trop intense ou trop prolongée.



VIE





FIG 4
12h, 6 novembre
67°51'00" N / 20°13'00" E , Kiruna, Suède

Pendant le jour, la lumière du soleil nous parvient blanche. Elle donne aux différents éléments du territoire les couleurs que nous leur connaissons. Nos sens sont parfaitement fonctionnels et notre perception de l'environnement est objective. Les moindres détails sont visibles et la lumière du jour nous tient en alerte. Notre cerveau est éveillé et l'analyse lui est facile. Les limites sont claires, les contrastes suffisants et les ombres nettes.



FIG 5 | Famille same vers 1900

La chaleur du soleil et sa lumière permettent la vie sur terre. C'est le rayonnement solaire qui dispense, directement ou indirectement, toute l'énergie nécessaire à la vie. Depuis les temps les plus reculés, le soleil a été révééré et a inspiré aux hommes un respect mêlé de crainte. La conception du monde de Copernic (*fig 8*) place le soleil au centre du système, contrairement à Ptolémée (*fig 7*), qui imaginait que le soleil tournait autour de la terre.

Dans la tradition du peuple autochtone de la Laponie, les Sames, le soleil est le fils du dieu créateur qui veille sur la terre depuis le ciel¹. Dans la plupart de leurs représentations traditionnelles, le soleil est l'élément central. Bien que les bénéfices qu'il apporte étaient expliqués par une présence divine et non par des phénomènes physiques, ils ont toujours reconnu le soleil comme origine de la vie (*fig 6*).

¹ FLIES France, *Aux origines du monde, Contes et légendes de Laponie*, 2014



FIG 6 | Tambour chamanique same

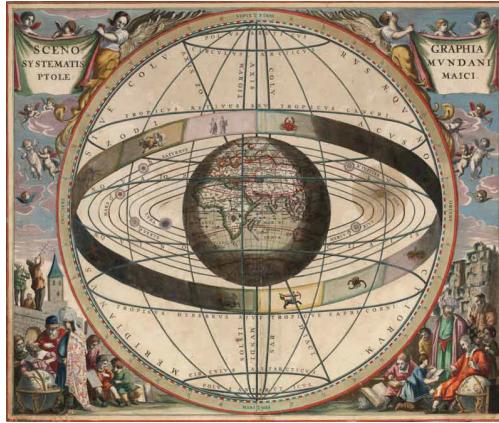


FIG 7 | Conception du monde selon Ptolémée | II^{ème} siècle

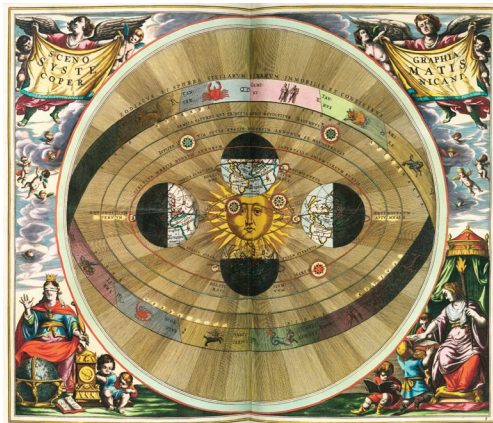


FIG 8 | Conception du monde selon Copernic | XV^{ème} siècle

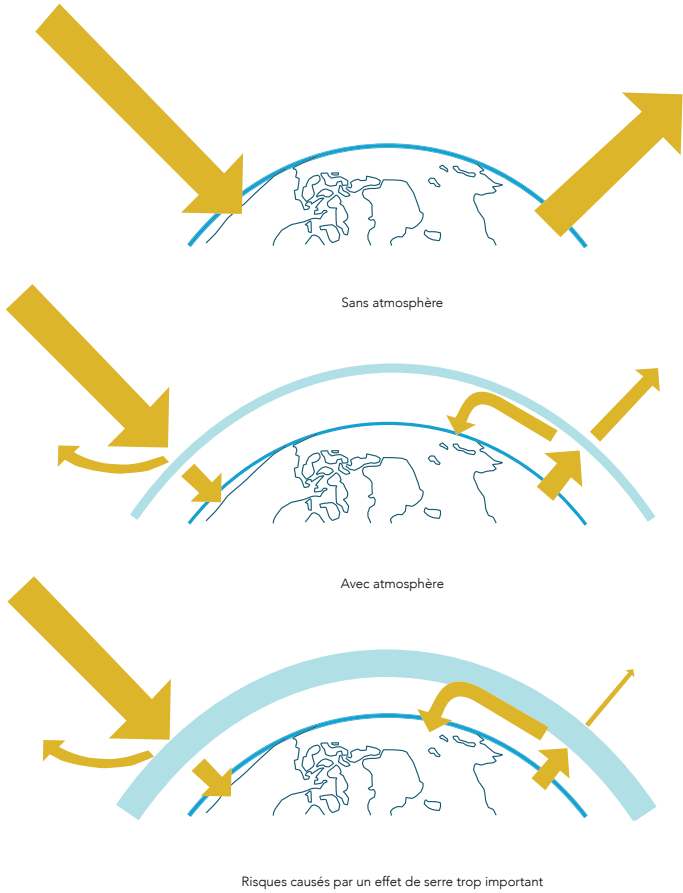


FIG 9 | Les effets de l'atmosphère

La quantité d'énergie que le soleil envoie à la terre est plus que suffisante. C'est l'atmosphère qui garantit un environnement vivable à la surface du globe. Elle agit comme un filtre, nous protégeant des longueurs d'ondes qui nous sont nocives, comme les ultraviolets, et n'autorisant que l'énergie qui nous est nécessaire. Elle retient également la chaleur à la surface de la terre contribuant à maintenir une température adaptée (*fig 9*).

La terre ne reçoit cependant pas cette énergie d'une façon uniforme et cette répartition inégale est une des raisons majeures de la diversité sur terre. La région de la Laponie se trouve au-delà du cercle polaire arctique, qui correspond à la latitude 66°33'47" nord, et s'inscrit ainsi dans le climat des pôles, où les rayons du soleil n'atteignent le sol qu'après un long trajet à travers l'atmosphère et d'une façon plus diffuse. En été, la lumière est 50 fois moins concentrée au Pôle Nord que sur le Tropic du Cancer (*fig 10*).

L'une des conséquences les plus directes du faible apport énergétique solaire est la température.

La Laponie est très vaste et on peut noter de fortes différences de température sur le territoire. Avec une moyenne de -5 degrés à l'année², et des températures descendant facilement à -40 degrés, le froid est cependant partout présent.

2 SAINT-CRISTOPHE, Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie, Les guides Peuples du Monde*, 2012

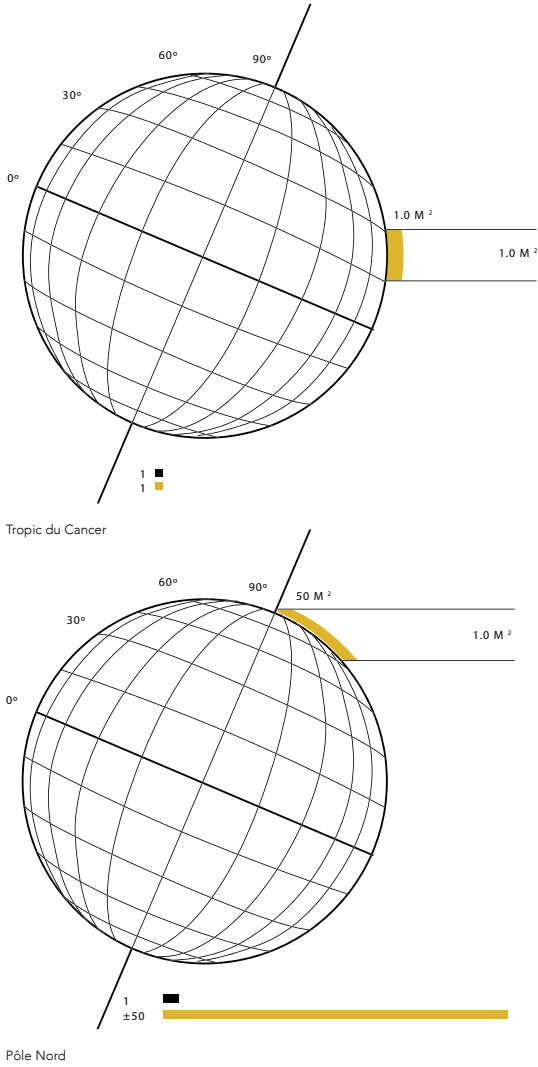


FIG 10 | Influence de l'angle d'incidence des rayons du soleil

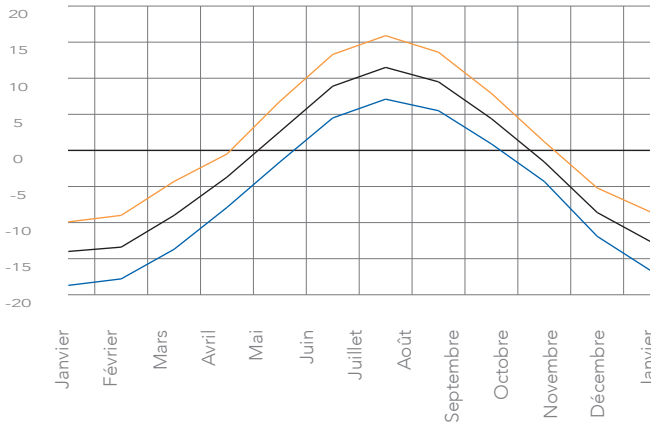


FIG 11 | Kiruna, température maximales, moyennes et minimales en degrés Celsius

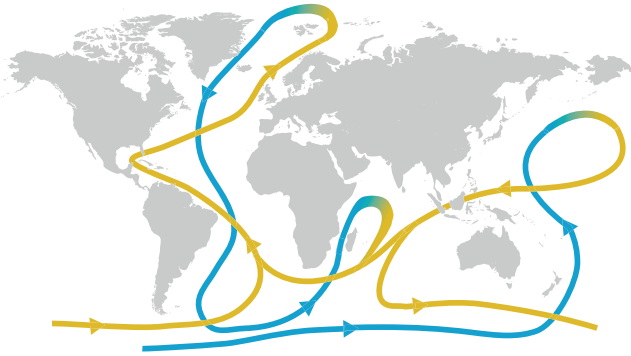


FIG 12 | Courants maritimes (Ocean conveyor belt)

La ville suédoise de Kiruna, bien qu'elle ne soit pas un extrême, est bien représentative des températures moyennes du centre de la région (*fig 11*). Elle se trouve sur la latitude $67^{\circ}51'20''$ Nord. Les températures varient beaucoup entre l'hiver et l'été, mais aussi entre le jour à la nuit quand l'écart de température peut être de plus de 25 degrés.

A la même latitude, le climat des villes côtières est plus tempéré grâce aux échanges thermiques entre les mers et l'atmosphère. La côte norvégienne de la Laponie bénéficie également des courants chauds portés par le courant océanique du Gulf Stream. Elle est également plus exposée au vent qui souffle du large (*fig 13*).

L'axe incliné de rotation de la terre est à l'origine de la succession des saisons sur terre (*fig 14*). A l'équateur, la durée de jour ne varie pas. Les jours et les nuits sont égaux toute l'année. Plus on voyage vers le nord, plus les saisons se différencient (*fig 15*). C'est aux pôles qu'elles sont le plus marquées. L'année est partagée entre 6 mois d'été pendant lesquels le soleil ne se couche jamais et six mois d'hiver pendant lesquels il ne passe jamais au dessus du plan de l'horizon. Au pôle nord, le soleil se lève à l'équinoxe de printemps et se couche à l'équinoxe d'automne, séparant l'année en une longue journée, le jour polaire ou nuit blanche, suivie d'une longue nuit, la nuit polaire. En été, on peut observer le phénomène du soleil de minuit, moment auquel le soleil descend très proche de l'horizon avant de remonter. L'hiver est très long avec environ 230 jours de gel par année. L'été, entendu comme la période durant laquelle la température journalière

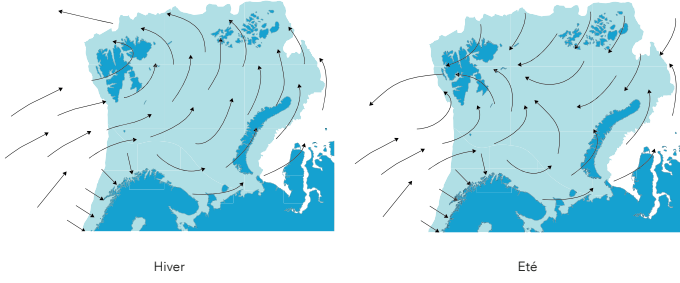


FIG 13 | Vents d'hiver et d'été, mer de Barents

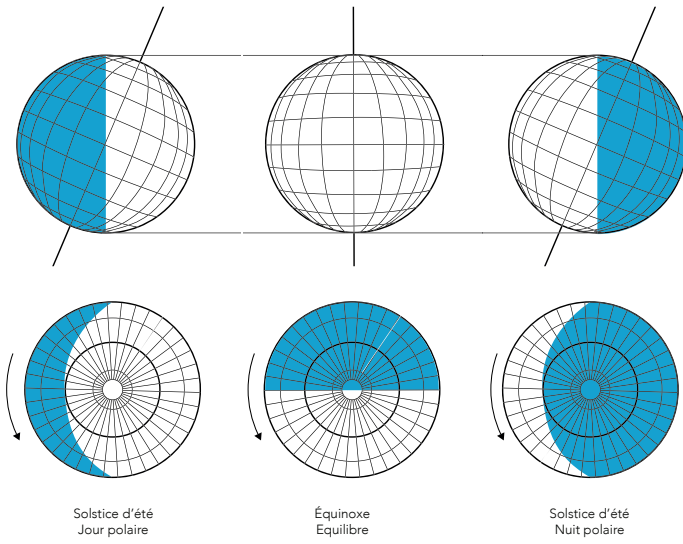


FIG 14 | Les saisons arctiques

moyenne dépasse les 5 degrés, ne dure en moyenne que deux mois et demi³. La ville d'Alta, en Norvège, est une des villes les plus septentrionales de Laponie. A sa latitude d'environ 70° nord, la nuit polaire dure près de deux mois, du 25 novembre au 15 janvier et la nuit blanche du 16 mai au 26 juillet⁴. Le caractère cyclique extrême du lieu y est un défi pour la vie.

Dans ce territoire isolé vaste et peu peuplé où, comme nul part ailleurs, la survie de l'homme dépend de son environnement naturel, la rareté de la source primaire d'énergie indispensable à la vie se pose comme un véritable challenge pour lui et pour tous les organismes vivants. Le caractère extrême des conditions climatiques qui en résultent a inspiré chez chaque habitant de ce territoire un ensemble de stratégies de survie et de réponses induites par le lieu.

3 SAINT-CHRISTOPHE Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie, Les guides Peuples du Monde*, 2012

4 <http://dateandtime.info/fr/citysunrisesunset.php?id=847633>

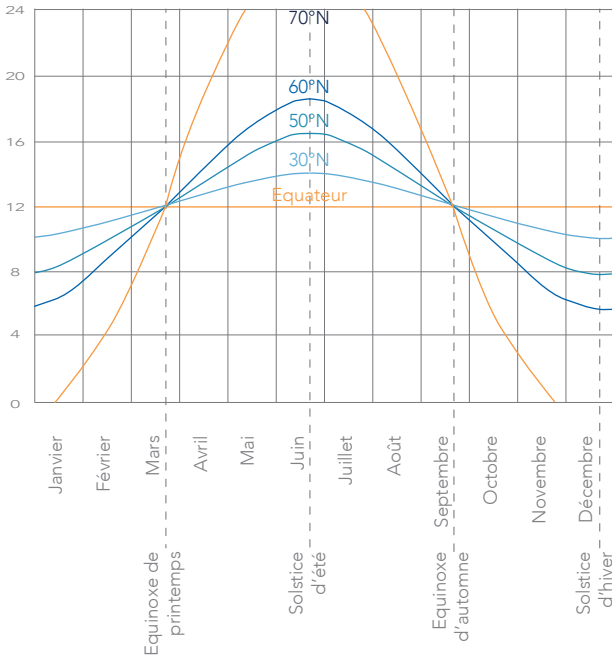


FIG 15 | Durée de jour en heures, selon la latitude

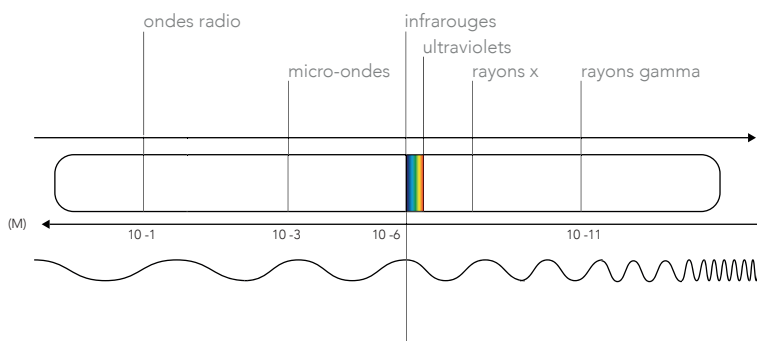


FIG 16 | Représentation du spectre électromagnétique

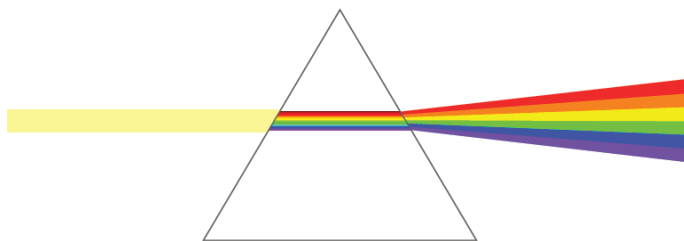


FIG 17 | Décomposition de la lumière blanche par un prisme

Outre le manque d'énergie thermique, le territoire de la Laponie doit également faire face à la rareté de lumière et à ses variations très marquées. A travers le filtre de l'atmosphère, les différentes positions du soleil colorent le territoire de façon si particulière que cela provoque des sentiments et des états d'âme chez le spectateur qui l'observe (*fig 18*).

Le soleil, lorsqu'il est haut dans le ciel, apporte au paysage une lumière blanche et neutre. La couleur n'est pas une caractéristique propre des objets qui constituent notre environnement, mais l'impression produite sur l'œil par les diverses radiations constitutives de la lumière. Les rayons lumineux frappants un objet seront en partie absorbés par celui-ci et en partie diffusés, à savoir renvoyés à l'observateur. La couleur perçue par l'observateur sera donc le résultat des longueurs d'ondes reçues moins les longueurs d'ondes absorbées. La lumière du soleil, la lumière blanche, est formée par le mélange des couleurs du spectre de la lumière visible (*fig 17*). Elle contient ainsi toutes les couleurs de l'arc-en-ciel¹.

Du fait de la durée très longue de l'hiver, la neige est un élément prépondérant dans le paysage de la Laponie. Elle tombe inéluctablement et recouvre tout le paysage. Qu'elle rejoigne directement le sol et les lacs gelés, qu'elle s'accroche dans les branches nues des arbres ou qu'elle se dépose sur les cimes des

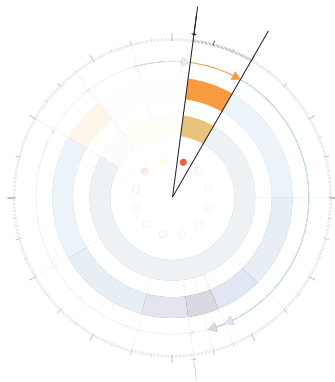
¹ KENNETH R. Lang, *Le soleil et ses relations avec la terre*, Editions Springer, 1997

sapins, elle s'installe dans le confort du froid. En couche fine ou épaisse, elle s'interpose entre le paysage et nos yeux. Ce sont maintenant ces microscopiques cristaux de glace que les rayons du soleil frappent, et ce sont eux qui dictent quels types de rayons lumineux atteindront nos yeux. Les différentes surfaces de ces cristaux sont parfaitement plates et lisses et renvoient la lumière d'une façon très directe, comme un miroir, sans la décomposer. Au terme de ce processus, toutes les longueurs d'onde ont été réfléchies dans les mêmes proportions, en faisceaux comprenant toutes les couleurs. La neige n'est blanche que lorsqu'elle est éclairée par la lumière blanche du soleil. Elle a également la particularité de nous renvoyer cette lumière pratiquement dans son intégralité, son facteur de réverbération étant très élevé. Elle agit ainsi comme un miroir sublimatoire, amplifiant pratiquement sans la modifier la couleur qu'elle reçoit directement du soleil.

Le territoire, la végétation, les animaux et l'homme sont tous confrontés à la même évolution des conditions thermiques et lumineuses lorsque vient l'hiver. Cette évolution est similaire à celle d'un jour qui laisse place à une nuit particulièrement longue et froide.



FIG 18 | Photographie, Arvid Sveen



RÉSISTANCE





FIG 19
12h30, 16 novembre
69°58'07" N / 23°16'17" E , Komsa Toppen, Norvège

I have been bent and broken, but - I hope - into a better shape¹.

¹ DICKENS Charles, *Great Expectations*

Lorsque le soleil descend bas dans le ciel et s'approche de l'horizon, il traverse une couche d'atmosphère conséquente, dix fois plus importante que lorsqu'il est au dessus de nous. L'agression lumineuse et thermique qui en résulte envoie à tout le territoire un avertissement et annonce une période d'austérité et de manque. On retrouve le phénomène de diffusion de la lumière mais en plus accentué. Lors du trajet des rayons à travers l'atmosphère, les rayons de lumière bleue mais également les rayons jaunes et orangés sont diffusés. Le soleil est rouge et, par une illusion d'optique, nous apparaît énorme et enflé. La lumière diffusée colore, grâce à la neige, tout le territoire en orange, une couleur reconnue pour ses qualités stimulantes. Tout le territoire entre en action pour se préparer à l'hiver, et se presse. L'automne est court en Laponie et ne dure pas plus de 3 semaines¹.

1 SAINT-CHRISTOPHE Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie, Les guides Peuples du Monde*, 2012



FIG 20 | Laponie, vue d'ensemble

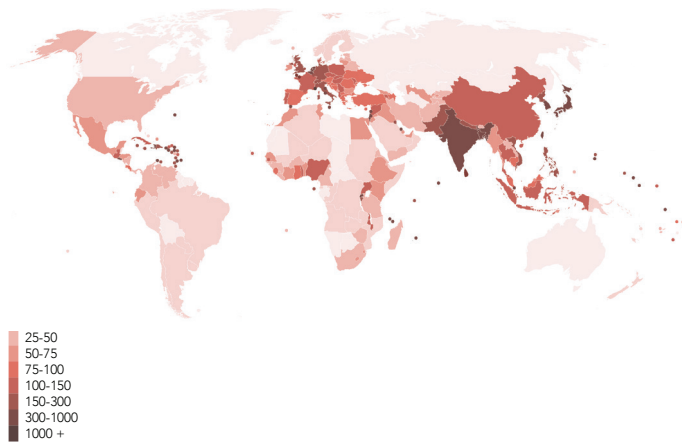


FIG 21 | Densité par pays, en habitants par kilomètre carré

IMPLANTATION

La Laponie est un territoire extrêmement vaste qui s'étend au nord de l'Europe, à cheval sur la Norvège, la Suède, la Finlande et la Russie (fig 20). Bien que les limites politiques de cette région aient sans cesse été redéfinies, elles peuvent être approximées par la zone d'influence de la culture same, par le type de végétation ou par la présence des rennes. Ces trois critères ne sont cependant pas indépendants. En effet, la végétation est ce qui définit le territoire de ces grands mammifères, si intimement liés à la culture laponne. Les frontières non officielles et relativement floues de cette région sont donc avant tout celles d'un même milieu malgré de fortes variantes. Elle correspond à une portion du large anneau circumpolaire de la taïga, grossièrement délimité en Europe par les latitudes 63 et 69 degrés nord. Ce paysage de taïga est caractérisé par la forêt boréale qui forme, à l'échelle du globe, une bande forestière continue de 500 à 1500 kilomètres de large bordée au nord par l'écosystème de la toundra¹. Elle est représentative de conditions climatiques de type polaire directement induites par la latitude, et de ce fait par la température. La Laponie s'étend sur plus de 400'000 kilomètres carrés et le territoire est peu peuplé (fig 21). Elle est définie par le contour des mers et océans, et contenue entre les latitudes 63° et 70° nord.

La végétation a la particularité d'être fixée au sol. Elle ne peut se déplacer vers un environnement plus clément et doit faire avec ce qui se trouve à sa disposition. Ses différents types sont ainsi le meilleur des indicateurs, quand à la viabilité du lieu et permet de présenter les deux climats de la Laponie.

¹ BOBBE Sophie, *Taïga-Toundra, la démesure*, éditions Autrement, 1999

La taïga et la toundra sont deux milieux naturels intimement liés qui s'organisent de façon unitaire autour du pôle nord dépassant ainsi les clivages continentaux (fig 22). La limite les séparant correspond plus ou moins à la ligne le long de laquelle la température moyenne en juillet est de 10 degrés². Cette limite isotherme passe proche du point le plus septentrional de la Laponie et semble indiquer que la végétation de la Laponie est principalement celle de la taïga. Ce n'est pourtant vrai qu'au niveau de la mer. La température étant le critère principal qui détermine le type de milieu végétal, un parallèle étroit peut être fait entre les changements de végétation causés par la latitude et par l'altitude. Sur ce point particulier on pourrait dire que se diriger vers le nord revient à escalader une montagne, un voyage qui s'achèverait ainsi sur le désert polaire ou sur les neiges éternelles (fig 23). L'échelle des distances est cependant très différente. Une randonnée d'une matinée peut suffire pour gravir près de 1500 mètres alors que pour expérimenter un changement équivalent en latitude, un trajet de deux jours de voiture serait nécessaire. En pratique, la température baisse de 5 à 6 degrés lorsqu'on s'élève de 1'000 mètres, et il faut parcourir environ 1'000 kilomètres vers le nord pour obtenir un changement analogue³. Le nord de la Laponie étant proche de la limite nord de taïga, une faible élévation permet au marcheur de se retrouver dans le désert gelé de la toundra.

La gradation de la végétation est ainsi perceptible par la modification que l'altitude induit, formant des étages de végétation. Sous la latitude 46°N, celle de la Suisse, la limite de la toundra alpine se situe à 2'250 mètres d'altitude. Sous la latitude 69° nord, le climat de toundra et la végétation qui lui

2 CHERNOV Y. I., *The living toundra*, Cambridge University Press, 1985

3 BOBBE Sophie, *Taïga-Toundra, la démesure*, éditions Autrement, 1999

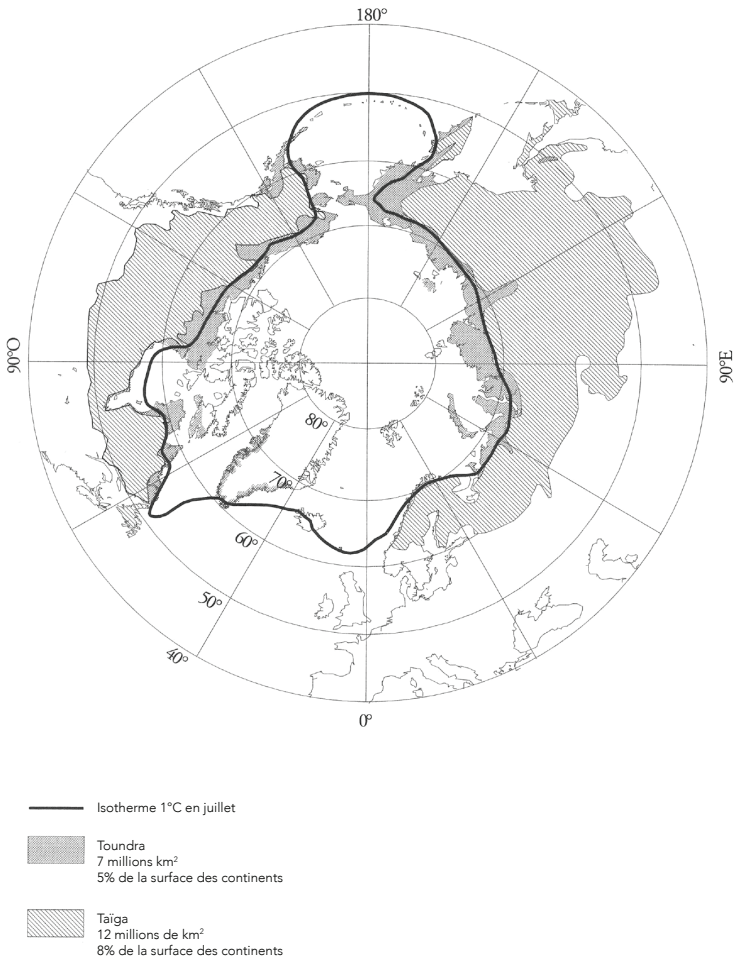


FIG 22 | Extension des zones de taïga et toundra dans l'hémisphère Nord

RÉSISTANCE

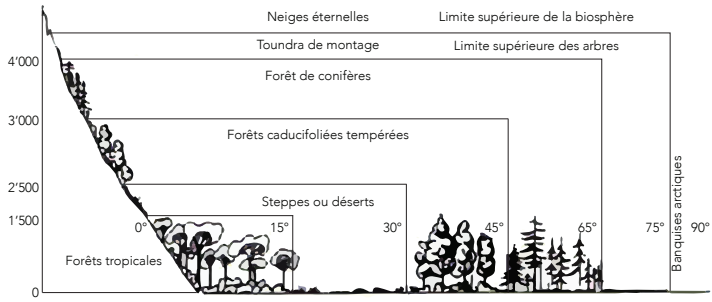


FIG 23 | Distribution croisée des grands biomes sur le globe

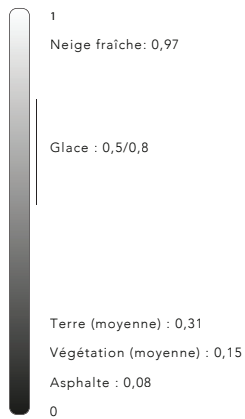


FIG 24 | Réflectivité des surfaces

appartient commencent déjà à 80 mètres au dessus de niveau de la mer.

Lorsque l'on prend de la hauteur et que l'on dépasse la limite des arbres, le territoire se révèle à nous. Une subdivision est perceptible dans le paysage, entre des zones boisées et des zones dégagées. Visuellement, on peut distinguer un tapis sombre, continu et extrêmement dense percé par les bosses blanches des montagnes. Cette vision est très certainement celle qui a inspiré le nom même du milieu de toundra, dérivé du lapon *tundar* qui signifie *colline nue*.

Ces deux climats présentent à l'observateur deux couleurs, deux luminosités (fig 24). Celle de la neige dont le facteur de réverbération est très élevé, pouvant aller jusqu'à 97 % et celle de la forêt, au facteur de réverbération de 10 à 15 %⁴. Le contraste entre un blanc très lumineux et la masse sombre des arbres est la clef de lecture des ces deux climats. Cette lecture particulière du territoire si contrastée entre clair et foncé est permise par l'attitude adoptée par la végétation pour survivre aux conditions locales auxquelles elle doit faire face. A partir d'un certain palier, le froid est si intense et le vent souffle si fort que le sol reste constamment gelé. Pour survivre, la végétation limite sa prise au vent. Les plantes réduisent leur hauteur et augmentent le ratio entre leur partie enterrée et leur partie hors sol. Bien ancrées dans le terrain, elle adoptent des formes géométriques qui exposent le moins de surface possible. Elles poussent serrées en coussins ou en tapis, ou encore s'abritent derrière les pierres ou dans les creux. Basses, ramassées sur elle-mêmes, elle disparaissent blotties dans l'épaisse couche de neige qui les isole du froid.

4 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Réverbération_\(optique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Réverbération_(optique))

La densité de population est révélée par le type de végétation, autant selon la latitude que selon l'altitude. Les samis et les rennes qui parcourent ce territoire évitent ces endroits exposés, ou n'y restent pas longtemps. L'homme, au sommet de ces promontoires enneigés, sur cette terrasse naturelle, se tient courbé pour combattre le vent. Il cache sa tête dans ses épaules et ne lève la tête que rapidement pour profiter du magnifique paysage qui se trouve sous ses yeux.

Le relief n'est pas la seule limite révélée par la nappe de végétation. Outre son interruption franche due à l'altitude, on peut également deviner différents éléments qui interrompent ce tissu. Tout comme les environnements trop froids et trop venteux, une trop forte présence d'eau ne permet pas le développement des arbres. A part à l'extrême nord de la région, où même au niveau de la mer les conditions sont trop rudes pour les arbres, la limite de la forêt correspond généralement à la ligne torturée des fjords. Les rivières ménagent des couloirs dynamiques et sinueux dans le territoire. Les lacs, eux, forment de véritables pièces, des trous blanc dans la masse de la forêt boréale (*fig 25*).

La végétation prodigue de véritable indications. Elle définit deux étages : celui de la forêt, où les conditions sont plus clémentes et celui des sommets hostiles. Son absence ou sa taille permettent au randonneur qui parcourt le territoire de se créer une carte des dangers qui lui indique où les agressions du vent et du froid sont les plus intenses. Elle lui montre aussi où sont les rivières et les lacs qui, bien que partiellement gelés et recouverts de neige, ne sont peut être pas encore capables de supporter son poids.



FIG 25 | Lecture du paysage par la végétation

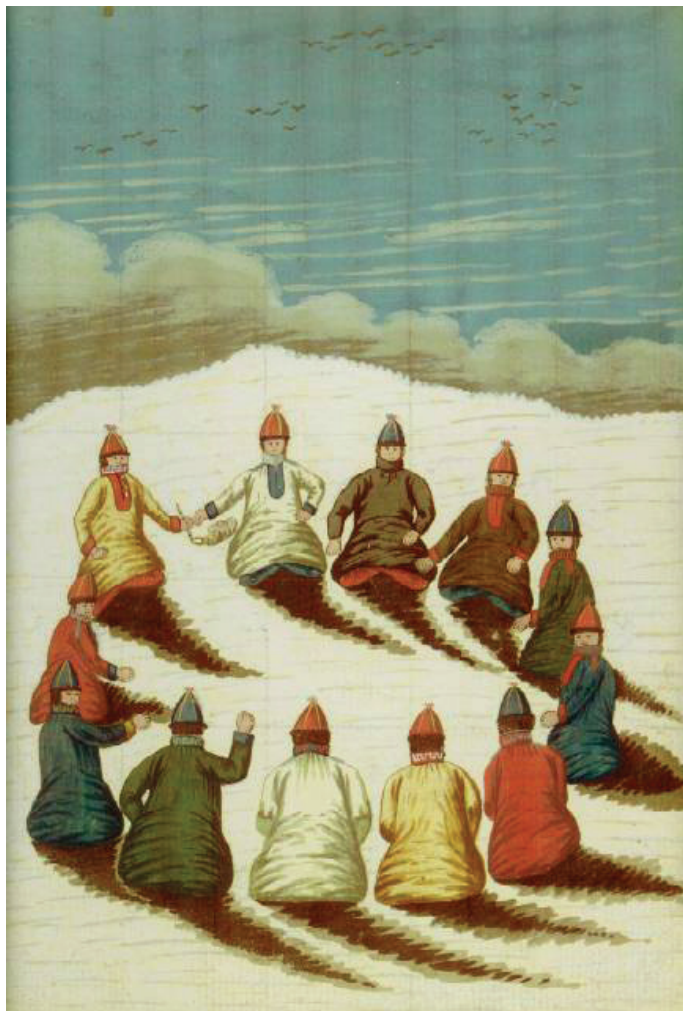


FIG 26 | Illustration, Knud Leem, XVIII^{ème} siècle

L'observation de la limites des arbres permet une compréhension du territoire précise à travers laquelle il est possible de déduire approximativement la température, la latitude et la température du lieu.



FIG 27 | Intérieur d'un Lavvu, habitation temporaire des same lors des migrations ,1964

ENVELOPPE

L'enveloppe est une limite tridimensionnelle qui permet de constituer une barrière entre deux milieux aux conditions différentes. Cette barrière se présente généralement sous la forme d'un filtre, puisqu'elle ne peut empêcher les deux milieux de s'influencer, notamment sur le plan des échanges de chaleur. Les stimulations extérieures poussent les organismes à renforcer la qualité filtrante de ces barrières afin de limiter les échanges. Elles permettent aux organismes de se protéger des agressions de l'environnement et leur permettent de conserver dans cette enceinte les éléments dont ils ont besoin.

Dans un territoire comme la Laponie, la première qualité de l'enveloppe est avant tout de protéger le corps des agressions extérieures et de l'isoler du froid. Les effets les plus évidents d'une exposition au froid sur l'homme sont le refroidissement des voies respiratoires supérieures. L'air froid entre directement dans les poumons et agresse la peau, très sensible aux variations de température. Les mains et les oreilles sont souvent les premières à ressentir le froid, car leur masse est faible par rapport à leur surface. Ce sont également des parties du corps particulièrement sensibles (*fig 28*). Le seuil de douleur se trouve à 10 degrés¹. La résistance de l'homme face au froid se développe sur deux niveaux, son comportement conscient et la réaction de son organisme. D'une façon pragmatique, lorsqu'il sent le froid, il peut simplement s'habiller plus chaudement pour mieux retenir sa chaleur corporelle. Son organisme œuvre dans le même but.

¹ ZAFREN Ken, *Accidental hypothermia in adults*, Wolters Kluwer, 2017

Lorsque qu'il est exposé à un environnement froid, soit un environnement qui provoque une déperdition de chaleur supérieure à la moyenne, et que son habillement n'est pas suffisant, le corps réagit par une mobilisation d'énergie pour se défendre. Un environnement est généralement considéré comme froid si la température est en dessous de 18 degrés². Le froid peut cependant être ressenti à une température plus élevée si le vent souffle. Dans le cas d'un vent de 30 kilomètres heures et d'une température de 0 degrés, la sensation de froid sera de -8 degrés³.

Le corps humain lutte sans cesse pour conserver une température normale de 37±2° Celsius par divers transferts de chaleur. Sa régulation corporelle passe par le contrôle de deux valeurs, la température interne et profonde du corps et celle moyenne de la peau. Une exposition à un froid modéré n'implique aucun refroidissement ou un refroidissement négligeable du noyau corporel. Jusqu'à une température de 36°, la situation est supportable, bien qu'inconfortable. A partir d'une température du noyau corporel de 35°, l'organisme est en état d'hypothermie faible. Un environnement froid demande plus d'énergie car il demande un effort à l'organisme pour s'adapter à ces nouvelles conditions, mais il a aussi la particularité de rendre conscient, plus réactif et prêt à l'action. Il réveille tout le corps qui entre en phase active de résistance.

Son premier mécanisme de défense est le phénomène de vasoconstriction de la peau. Il consiste en la diminution du diamètre des vaisseaux sanguin de la peau afin d'augmenter l'isolation effective de celle-ci. Cette diminution du débit

2 KENNY W. L, *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*, Bureau international du travail.

3 HOUDAYER J, *Adaptation de l'organisme au froid et au chaud*

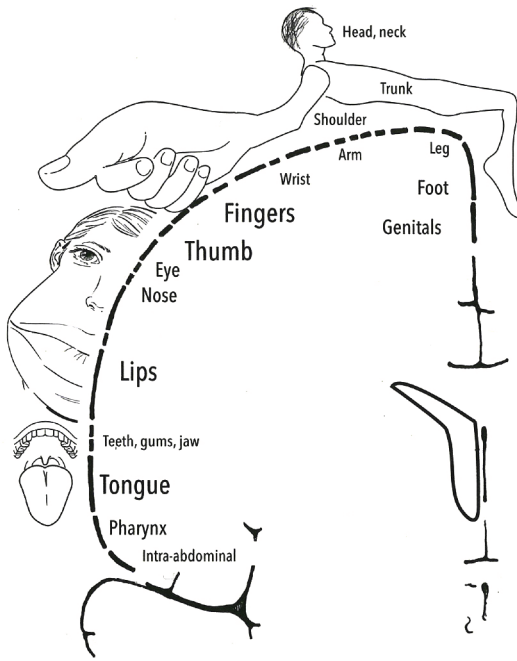


FIG 28 | Configuration du corps dans la partie des sensations du cortex cérébral

sanguin permet de limiter les pertes subies par les extrémités qui représentent 50 % de la surface du corps humain. Il n'y a pas de vasoconstriction dans la tête et le cou et pour éviter de perdre trop de chaleur, la meilleure solution est encore le bonnet. Il a été constaté chez les Samis, la population indigène, une vasoconstriction plus prononcée. De plus, exposés constamment au froid, ils en perçoivent moins l'inconfort.

Les feuilles des arbres, quand à elles, ne résistent généralement pas à l'hiver. Les conifères ont cependant développé des feuilles plus résistantes. Leurs aiguilles, dures et épaisses, sont plus résistantes et plus isolantes. D'un vert plus foncé, elles captent la lumière solaire d'une façon plus complète, leur permettant de maximiser l'énergie reçue même lorsque qu'elle se fait rare. Dans la même recherche de protection contre le froid, la plupart des petites plantes qui sont encore en vie au début de l'hiver ont la particularité de présenter une pilosité inattendue (*fig 31*). Leurs longues tiges sont velues et leur graines sont entourées d'une enveloppe laineuse qui les protège du froid⁴.

Chez les animaux et notamment chez le renne, animal natif de la région, le pelage est très isolant. C'est le cervidé qui a la plus grande densité de poils par centimètre carré. Son pelage est composé de différents types de poils, permettant l'accrochage des brins les uns aux autres. Ce feutrage assure une excellente isolation thermique. Sa mue permet de faire varier la valeur isolante de la fourrure en fonction de la saison et donc de modifier les températures critiques inférieures et supérieures. La valeur isolante de la fourrure change tellement entre l'été et l'hiver que la température critique inférieure passe

4 GOODALL David, *Ecosystems of the world, Polar and alpine tundra*, Wielgolaski, 1997





FIG 30 | Renne de Norvège



FIG 31 | Formation de cristaux sur plante laineuse

de 5 degrés en été à -35 en hiver. Sa fourrure a également des qualités d'étanchéité et lui permet de traverser les rivières sans être mouillé lors de ses migrations⁵.

Outre le cas de l'atmosphère qui protège la terre des rayons agressifs du soleil, le territoire hivernal de la Laponie, possède un deuxième filtre majeur, celui de la neige. Du fait du froid, les précipitations tombent la plus grande partie de l'année sous forme de neige. En Laponie, la neige dure en moyenne 200 jours par année et cette valeur est bien plus élevée au nord du pays, augmentée par la latitude et le relief des Alpes norvégiennes. Ce statut du sol, emprisonné chaque année pendant de longs mois sous cet épais manteau, est la condition sine qua non nécessaire à la survie des plantes les plus tenaces. La neige est un matériau hétérogène formé de glace, d'air et souvent d'eau, lorsque sa température est proche de 0 degrés. Dans les régions comme celle qui nous concerne où la température est basse, trop basse pour provoquer l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et humidifier l'air, elle est très sèche et poudreuse. Ce type de neige possède de très bonnes capacités thermiques dues à la grande quantité d'air qu'elle contient. Les qualités de la couverture neigeuse comme régulateur de température, pour notamment la végétation de la toundra, a déjà été abordée. Grâce à elle, les fluctuations journalières de température n'influencent que les 25 premiers centimètres de neige⁶ et la température au niveau du sol est, bien que basse, suffisamment tempérée pour permettre à la vie de suivre son cours. Pendant les longs hivers, son épaisse couche isole le sol et le protège des températures extrêmes.

5 MARTIN Claire, *Adaptation au milieu du renne*, thèse, faculté de médecine de Creteil, 2007

6 CHERNOV Y. I., *The living tundra*, Cambridge University Press, 1985



L'enveloppe permet ainsi le stockage. Les conditions que la neige procure sont suffisamment tolérables non seulement pour préserver les animaux et les plantes pendant leur phase de repos, mais également pour permettre la vie active des petits animaux au sang froid, comme les lemmings. En creusant des galeries dans la neige, au ras du sol, ils se constituent un véritable logis pour l'hiver, sous la forme d'un incroyable réseau. Ils se nourrissent des plantes suffisamment coriaces pour résister à ces difficiles conditions, et creusent ainsi de nombreux tunnels, sans cesse à la recherche de nouveaux « pâturages sous-terrains ». Dans les paysages hivernaux de la Laponie, c'est sous la neige que la vie active et la constante bataille pour la survie des petits animaux et des plantes de la toundra se déroule, cachées à notre vue. S'il n'y a pas de bruit, il est possible d'entendre les lemmings gratter la neige à la recherche de nourriture.

Les mers et les océans, grâce à leur masse, constituent une magistrale réserve de chaleur qu'ils restituent progressivement à l'environnement en cas de besoin. L'être humain, la végétation et les animaux se voient eux-aussi dans l'obligation de faire des réserves d'énergie pour l'hiver. Lorsqu'il se trouve constamment confronté à des ressources rares, tout organisme comprend la valeur et la nécessité de les stocker lorsqu'une période de disette s'annonce. La rareté des ressources peut être en partie compensée par un stockage intelligent et prévoyant. La population indigène same vivait traditionnellement uniquement de ce que lui prodiguait la nature. Elle était partagée en deux grandes catégories : les pêcheurs, qui utilisaient les lacs et mers non seulement pour leur potentiel de stockage d'énergie

FIG 32 | Kota, habitation semi permanente du peuple same (à gauche)

mais également pour leur qualité poissonneuse tout au long de l'année et les Sames de l'intérieur du pays qui eux, n'avaient pas trouvé d'autre solution pour avoir accès à de la nourriture en hiver que de suivre les rennes le long de leurs migrations. Dans un environnement froid, non seulement la nourriture est plus rare, mais la quantité énergétique que réclame tout organisme pour survivre au froid est plus élevée. Dans un environnement si agressif, le corps humain nécessite plus d'énergie pour fonctionner. On peut estimer qu'une augmentation de 25 % des apports caloriques est nécessaire⁷.

Tous les animaux doivent faire des réserves. Ceux qui sont incapables de trouver une nourriture suffisante pendant l'hiver se trouveront dans l'obligation d'hiberner, afin de dépenser moins d'énergie. Leurs réserves se doivent d'être conséquentes. Les ours peuvent aller jusqu'à tripler leur poids. En plus de constituer des réserves, ces graisses augmentent également la qualité de protection de l'enveloppe. Un homme ayant une couche adipeuse sous-cutanée très mince commence à frissonner après 20 minutes à 10 degrés, tandis qu'un autre ayant une couche adipeuse plus isolante peut ne frissonner qu'après 60 minutes. Les rennes doivent également faire face à des changements saisonniers dans la disponibilité et la qualité de la nourriture, ce qui influence de façon marquée leur équilibre énergétique. En été et en automne, en prévision de la longue nuit, ils consomment de grandes quantités de nourriture très riche. L'apport énergétique est supérieur aux besoins et les réserves graisseuses ainsi constituées sont mobilisées en hiver pour faire face aux conditions nutritionnelles plus austères. Ils se déplacent en groupe afin de mieux faire face à l'adversité.

⁷ KENNY W. L, *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*, Bureau international du travail.



FIG 33 | Pêcheurs samis, Knud Leem, XVIII^{ème} siècle

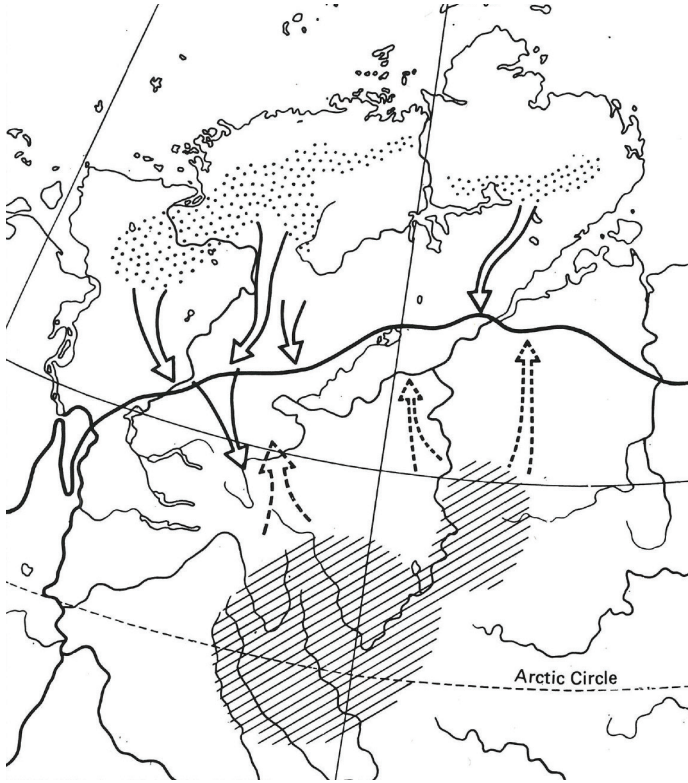


FIG 34 | Cycle de vie annuel des rennes de la région de Taymyr, Sibérie

CIRCULATION

Une activité constante est indispensable à la survie dans ces territoires à glacer le sang. Pour les membres du monde vivant, la constitution de ressources pour l'hiver implique le mouvement. Les carnivores chassent, et les herbivores se mettent à la recherche de végétation. La capacité de conservation de la neige garantit aux grands mammifères une nourriture rare mais suffisante tout le long de l'année, pour autant qu'ils parviennent à l'atteindre. Le renne est capable de creuser la neige jusqu'à 70 centimètres de profondeur. Contrairement à la majorité des animaux, son museau n'est pas dépourvu de poils ce qui lui permet de manger à même la neige, après avoir dégagé la végétation grâce à ses sabots et ses bois, qui sont caducs et tombent à la fin de l'hiver lorsqu'ils ne lui sont plus nécessaires. Ces sont les seuls cervidés dont les deux sexes possèdent une ramure. Ces adaptations de sa morphologie lui ont d'ailleurs valu en Alaska le surnom de caribou, de l'indien *xalibu* qui signifie *pelleteur*. Lorsque la couverture neigeuse devient trop compacte, les rennes migrent vers la sud ou vers les côtes, où la neige est plus molle. Le lichen se propage très lentement et ils en font une consommation importante. Pour préserver les pâturages d'hiver qui peuvent mettre jusqu'à 15 ans pour se reconstituer¹, les rennes doivent constamment se déplacer.

Les plantes, bien que fixées au sol, ne sont pas immobiles. Un certain nombre de facteurs extérieurs les amènent à se mettre en mouvement, comme la pesanteur, la lumière, les excitations thermiques ou le vent. Les plantes y réagissent de manière

¹ CHERNOV Y. I., *The living tundra*, Cambridge University Press, 1985

plus ou moins évidente et, parfois, de manière plus sensible et plus complète que l'homme. Ces sont ces stimulations de leur environnement qui régissent leur croissance, comme la racine qui descend dans la terre à la recherche de nutriments, pendant que la tige monte, suffisamment haut pour capter la lumière tout en évitant d'être la proie du vent.

Le mouvement est également indispensable à l'homme. D'une part, dans le cas des Sames qui dépendent des rennes qu'ils élèvent et d'autre parce qu'il peut, par son activité physique, augmenter sa production de chaleur en transformant l'énergie mécanique en énergie thermique. C'est une des raisons pour laquelle il se frotte les mains pour les réchauffer et marche constamment afin d'activer sa circulation sanguine et survivre.

La circulation interne de chaque organisme est ce qui lui permet de distribuer de l'énergie à chacune des parties qui le constituent afin de les garder en vie. Que ce soit la sève de la végétation, le sang des mammifères ou les rivières, ces flux sont nécessaires à un bon fonctionnement. Lorsqu'un organisme est mis en état d'alerte par une agression, la régulation de ces flux se modifient.

Lors du phénomène de la vasoconstriction, les vaisseaux de la peau se rétrécissent. Le débit du flux ne doit néanmoins pas diminuer. Pour y parvenir, avec des conduites réduites, le sang circule plus vite. Le rythme cardiaque augmente et pour oxygéner le sang, la respiration s'accélère.

Le deuxième mécanisme de défense de l'organisme humain est celui des frissons thermiques. C'est une série de contractions



aléatoires et involontaires des muscles superficiels qui accroissent la production de chaleur selon le même principe qu'un exercice physique intense, mais sans demander d'effort². Dans cette phase de résistance, l'organisme est prévenu de l'agression, du stress qu'il subit, et s'active. Il combat le refroidissement du corps et s'assure de maintenir une bonne circulation par une respiration et un rythme cardiaque plus rapide.

La lumière du soleil et la température sont les facteurs environnementaux principaux qui alertent la plante de l'agression qu'elle va devoir affronter. La transition se fait progressivement et la lumière du soleil joue un rôle très important dans la préparation de la végétation à l'hivernation. La réduction progressive de la durée du jour et la baisse de température qui l'accompagne envoient aux plantes un avertissement. Lorsque le froid devient intense, le sol se refroidit. Les nutriments dans le sol se font plus rares et la température de l'air baisse. Les plantes n'ont plus les mêmes ressources à disposition et doivent établir des priorités. Elles font le choix d'économiser leur énergie pour se préparer à l'hiver qu'elles sentent venir, plutôt que de l'utiliser pour continuer à entretenir leurs feuilles. Ces dernières ne leurs seront de toute façon plus nécessaires. En effet, en hiver la lumière est trop rare pour être transformée en énergie chimique par le phénomène de la photosynthèse et élaborer les sucres dont les plante se nourrissent³. Les nervures qui alimentent les feuilles commencent progressivement à s'obstruer réduisant l'afflux d'eau et de minéraux. Lors de ce processus, la chlorophylle qui permet aux feuilles de capter l'énergie solaire

2 ZAFREN Ken, *Accidental hypothermia in adults*, Wolters Kluwer, 2017

3 KENNETH R. Lang, *Le soleil et ses relations avec la terre*, Spinger, 1997

devient obsolète et sa proportion dans les feuilles diminue. Ces dernières passent du vert qu'on leur connaît aux couleurs de l'automne et deviennent progressivement rouges, oranges et jaunes, reflétant la mort progressive de la feuille. Ce flux réduit de sève dans la partie hors sol de la végétation augmente également sa résistance au froid, empêchant que l'eau qu'elle contient ne gèle, à la façon de vieilles conduites mal isolées, et que leur tissus n'éclatent. Il permet également à la sève de circuler plus rapidement et plus efficacement afin de regrouper et recentrer toute son énergie et ses réserves dans les racines. C'est dans le sol, à l'abri de la neige, que la végétation attendra patiemment un signal de son environnement pour réactiver sa circulation estivale.

Certains arbres ont développés des feuilles améliorées, plus résistantes au froid, qui perdurent toute l'année et leur permettent de stocker l'eau et les nutriments pour l'hiver, lorsque ceux-ci sont inaccessibles, emprisonnés dans le sol gelé. C'est le cas des conifères avec leurs aiguilles mais aussi de certains feuillus qui gardent leurs feuilles toute l'année. Celles-ci tournent au rouge très foncé et meurent progressivement tout au long de la saison froide avant de tomber au printemps et d'être remplacées par de nouvelles feuilles vertes. La sève qui circule dans ces feuilles est plus épaisse et circule plus lentement dans les vaisseaux. Elle ne gèle pas grâce à sa faible concentration d'eau et au soluté qu'elle contient, qui abaisse son point de congélation⁴.

4 GOODALL David, *Ecosystems of the world, Polar and alpine tundra*, Wielgolaski, 1997

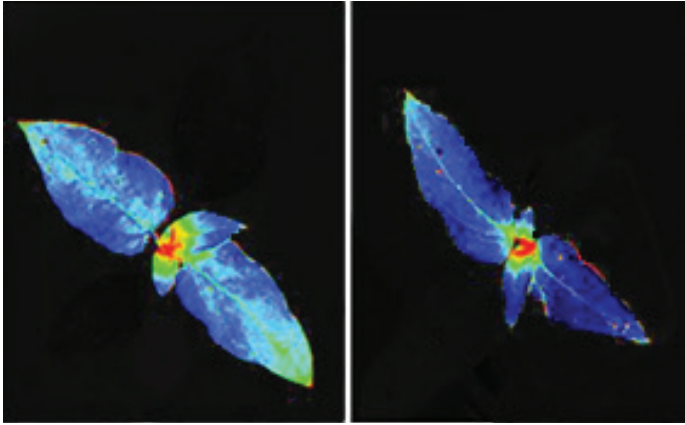


FIG 36 | Thermographie de deux feuilles

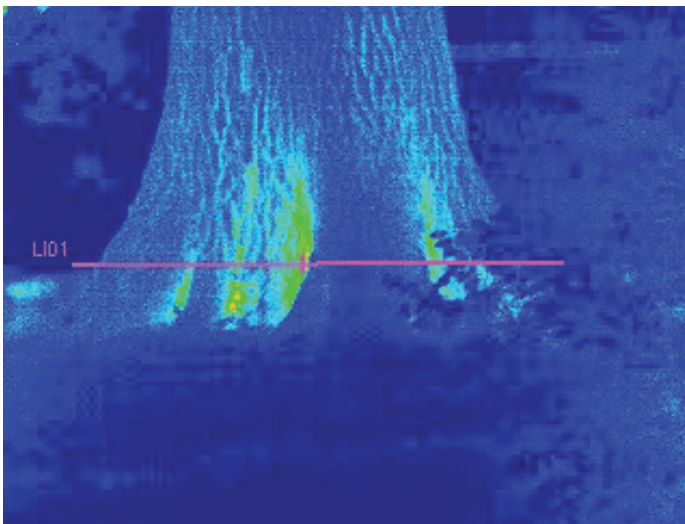


FIG 37 | Thermographie d'un arbre en hiver

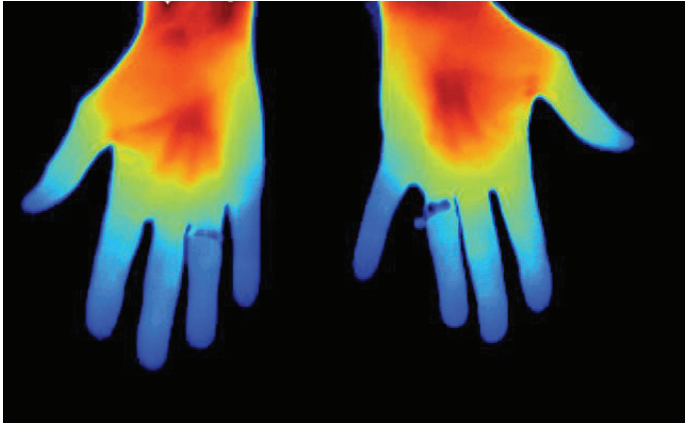


FIG 38 | Thermographie de mains sous l'effet d'un froid modéré



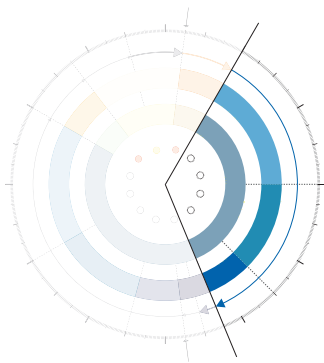
FIG 39 | Thermographie du corps humain lors d'une exposition au froid

Chez le renne, la plus grande faille dans l'isolation de son enveloppe est ses pieds, non recouverts de fourrure et en constant contact avec la neige. Cette perte de chaleur est diminuée par le maintien à basse température des extrémités et la distribution d'un gradient de température le long de ses membres. La circulation périphérique présente un système de contre-courant artério-veineux qui permet des échanges de chaleur entre les artères et les veines qui sont parallèles le long des membres. Le sang qui arrive par les artères se refroidit au contact des veines qui ramènent du sang plus froid. Le gradient de température entre le corps et l'air froid ambiant est donc limité et cela évite des déperditions caloriques. En contrepartie, le sang veineux qui retourne au cœur est réchauffé, ce qui évite de refroidir le reste de l'organisme⁵.

⁵ MARTIN Claire, *Adaptation au milieu du renne*, thèse, faculté de médecine de Creteil. 2007



FIG 40 | Illustration, Knud Leem, XVIII^{ème} siècle



FATIGUE





FIG 41
13h30, 13 novembre
67°51'20" N / 20°13'30" E , Kiruna, Suède

Tout cela n'était qu'une agitation vaine, le seul voyage qui compte est celui qu'on fait sans bouger, à l'intérieur de soi-même¹.

¹ BARJAVEL Renée, *Le grand secret*

La fin du coucher du soleil est marquée par le moment où le soleil capitule et disparaît sous l'horizon. La lumière est encore présente bien qu'elle ne soit plus directe. Elle nous parvient grâce à la diffusion des rayons du soleil provoquée par l'atmosphère. La lumière qu'elle diffuse se répand dans le ciel. Au fur et à mesure que le soleil descend sous l'horizon, la luminosité est de plus en plus faible, et le territoire s'endort progressivement. Elle teinte tout de bleu et provoque la mise à distance de notre environnement. Les limites s'effacent, le paysage se floute, les distances se confondent. Le froid s'installe et ralentit tout, même le son qui, dans un air froid circule de plus en plus lentement. Le bleu est la couleur de la nostalgie et de la rêverie. Les lumières du crépuscule sont celles qui conditionnent notre horloge biologique et nous entraînent lentement vers le sommeil.

FATIGUE

ENGOURDISSEMENT

Le paysage se modifie à l'arrivée de l'hiver. L'inclinaison selon laquelle les rayons du soleil atteignent la terre provoque un refroidissement de l'atmosphère. Tout ralentit. Les précipitations se transforment en neige, l'eau gèle et se fige.

La température est proportionnellement liée à l'agitation des particules constituantes de la matière. Plus l'eau est chaude, plus ses particules sont agitées et plus le froid devra être intense pour les ralentir suffisamment et transformer l'eau en glace. L'eau la moins profonde, au courant le plus faible, est la première à geler lorsque le froid extérieur est suffisant pour ralentir l'agitation des molécules au point de rendre l'eau solide. Cette glace se forme généralement sur la berge des rivières, mais progresse vite et finit toujours par immobiliser complètement les petits cours d'eau.

La glace produite à la surface des lacs est très différente de celle que l'on trouve à la surface des rivières. L'eau des lacs est immobile et aucun courant ne l'a débarrassée des diverses impuretés. Celles des rivières en revanche, grâce au courant, est pure. Elle gèle plus lentement et contient ainsi moins de bulles d'air. La glace des rivières est ainsi incroyablement transparente. Suffisamment épaisse pour supporter le poids d'un être humain, elle lui offre une vue à peine floutée de la vie qui suit encore son court sous la protection thermique de la glace.



A la même température, plus l'eau est en mouvement plus elle gèlera difficilement. Le courant et la profondeur n'étant pas réguliers, les différentes parties des rivières ne gèlent pas au même rythme et présentent ainsi différentes surfaces à la lumière, se parant de couleurs, de teintes et de textures variées.

Bien que l'eau ait la particularité de refléter principalement la lumière bleue, le reflet prendra la couleur de ce qui l'entoure. L'eau immobile se comporte comme un miroir. Parfaitement lisse, elle reflète les différents rayons lumineux selon leur angle d'arrivée et reflète ce qui se trouve au-dessus d'elle, en face de l'observateur. La surface fragmentée de l'eau en mouvement, elle, reflète comme un kaléidoscope l'ensemble des couleurs du paysage. Seule l'écume reste blanche. Les gouttelettes d'eau qui la composent reflètent la lumière comme les cristaux de la neige.

C'est la lumière qui règle l'horloge circadienne des hommes (*fig x*), des plantes, des animaux et même de certaines bactéries. Cette horloge régit le rythme de l'alternance entre veille et sommeil ainsi que les phénomènes cycliques qui en découlent. Grâce à certaines cellules de la rétine qui sacrifient la résolution spatiale au profit de la mesure de l'intensité lumineuse, l'homme et les animaux en perçoivent les modifications. Les différentes intensités de luminosité régulent la production de mélatonine, l'hormone du sommeil, et leur permettent une conscience du temps. Lorsque la lumière se fait rare et que les longueurs d'ondes du spectre qui correspondent au bleu sont importantes, l'organisme ralentit et se prépare au sommeil.

FATIGUE

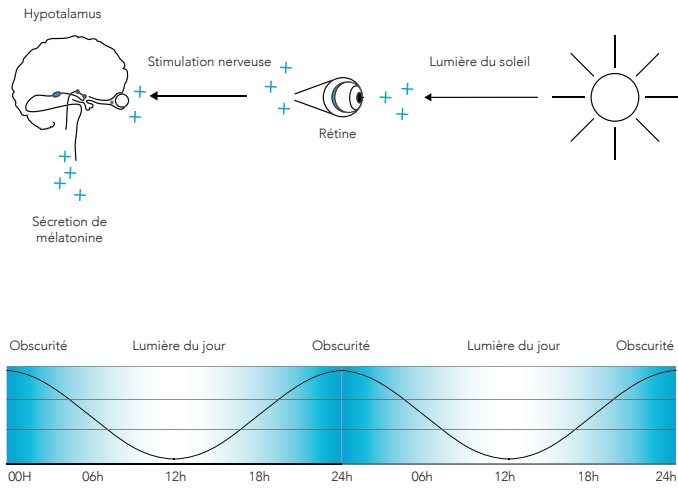


FIG 43 | Horloge circadienne, stimulation lumineuse et hormonale

Ce phénomène permet à la fois la conscience du jour et de la nuit, mais également la conscience des saisons grâce à l'évolution de la durée des phases diurnes et nocturnes. Le cycle solaire crée une structure temporelle de conditions auxquelles les animaux et les végétaux se sont adaptés par des réponses connues sous le nom de rythmes biologiques. Ils permettent aux animaux de se préparer à des changements prévisibles de l'environnement.

Les rythmes permettent par exemple aux animaux qui hibernent de savoir quand commencer leur préparatifs avant de s'abandonner au froid de l'hiver. Leurs organisme se régulent en fonction du cycle dans lequel ils sont plongés. Un animal en hibernation voit sa température baisser drastiquement. Chez la marmotte, la température corporelle peut baisser jusqu'à 7 degrés¹. Elle réduit son rythme respiratoire, sa consommation d'oxygène et sa production d'hormone de croissance. Son rythme cardiaque diminue et son flux sanguin se concentre sur le cerveau et le cœur. Seules les aires cérébrales qui jouent un rôle dans les fonctions végétatives autonomes, comme la respiration, restent véritablement actives. Les autres régions ne montrent pas d'activité corticale spontanée, mais peuvent être activées par des sollicitations extérieures. L'animal est encore sensible au toucher, au bruit et aux perturbations de température.

L'ours lui plonge quand à lui dans une hibernation légère, l'hivernation. Son rythme cardiaque passe d'environ 45 pulsations à 10 pulsations par minute, son rythme respiratoire est divisé par deux et sa température corporelle diminue. Ayant constitué des réserves avant le début de son hibernation, il ne s'alimente pas et ne boit pas. Ses intestins s'obstruent².

1 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Marmotte>

2 <http://www.ursides.com>

Pour les plantes et les arbres, on parle de dormance. La sève, qui a progressivement été rapatriée au centre des racines, a complètement abandonné les feuilles. Ces dernières, privées de nutriments capitulent et tombent. L'arbre est en pause et stoppe complètement sa croissance. Chez certaines plantes, telles que les renoncules, l'énergie nécessaire à pousser dans ces conditions si rudes est telle que sa période de dormance peut durer jusqu'à quatre années, pendant lesquelles elle récupère ses forces avant de refleurir.

Chez tous ces organismes, le principe est simple. La vie active dans ces conditions demande trop d'énergie par rapport aux ressources et aux réserves qu'ils ont à disposition, ils adoptent donc un mode de vie passif. Ces différents états végétatifs sont peu friands en énergie et leur permettent de tenir la durée d'un hiver classique grâce à un phénomène d'hypothermie régulée.

L'horloge circadienne de l'homme est également affectée par l'arrivée de l'hiver. Le manque de lumière et les températures basses modifient son cycle. La tendance à la somnolence diurne est fortement augmentée, et la durée idéale de sommeil peut augmenter jusqu'à 150%³.

L'homme cependant, n'hiberne pas. Lorsque l'organisme reste exposé trop longtemps au froid ou lorsque celui-ci est trop intense, la température profonde du corps baisse. À 32 degrés, le corps est en hypothermie modérée. Tout l'organisme s'engourdit. Contrairement à la phase de résistance qui incite à l'action, à ce stade l'individu éprouve une profonde fatigue. Les différents flux qui assurent le fonctionnement du corps, si

3 <http://www.lefigaro.fr/flash-actu/2009/>

actifs lors de la phase de résistance commencent à s'essouffler. Le métabolisme ralenti, le rythme cardiaque devient irrégulier et de plus en plus lent, la respiration se fait plus rare. Les pupilles se dilatent. Le phénomène de vasoconstriction a perdu de son efficacité et les frissons thermiques se font de moins en moins fréquents. Les muscles se rigidifient et la profonde fatigue de l'organisme réduit sensiblement sa mobilité. L'activité physique et psychique est réduite et le sujet entre dans un état de torpeur. Les hallucinations commencent et il tombe progressivement dans l'inconscience. Le coma est l'abolition plus ou moins complète des fonctions de la vie. Le sujet n'est plus conscient, ni mobile, seules ses fonction végétatives sont encore en activité.

FATIGUE

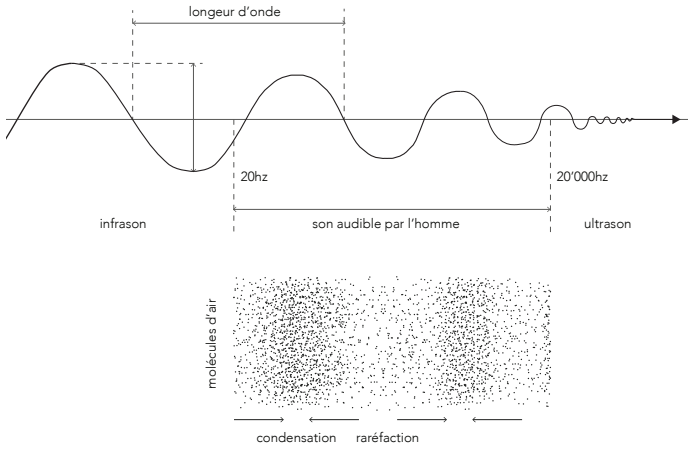


FIG 44 | Fréquence et propagation du son

SILENCE

Le paysage est immobile. Tout semble silencieux, muet. L'ouïe, comme les autres sens, faiblit dans le froid.

Les gros animaux hibernent, les petits sont cachés sous la neige et les rivières sont gelées. Le territoire est figé et ne fait pas de bruit. Comme un drap posé sur les meubles anciens d'un appartement abandonné, la neige transforme les objets bien distincts en formes approximatives. Elle réduit les irrégularités et aplatit le territoire. Les reliefs les plus escarpés s'adoucissent et la forme générale du paysage devient plus paisible. Elle recouvre le désordre du paysage et le fouillis de la végétation offrant à l'observateur une image épurée. L'uniformisation des reliefs et l'abstraction du paysage permettent à nos sens de se reposer. Rien de bouge. Le froid participe à ce sentiment en gelant le paysage et le rendant immobile. Les arbres et les plantes sont immobilisés et même le vent ne peut plus les agiter.

Rien ne retient le regard qui vagabonde sans but. La neige, qui réfléchit la lumière sans l'absorber, étouffe les bruits et les réflexions sonores. Chaque son n'est perçu qu'une seule fois et d'une façon unidirectionnelle. L'oreille le localise sans difficulté.

Dans ce territoire immobile et silencieux, certains mécanismes sont plus efficaces que d'autres. Les chauves-souris, par exemple, peinent à se repérer dans ces conditions car c'est grâce à l'écho qu'elle peuvent déduire à la fois la distance des objets, ainsi que leur taille et leur vitesse (*fig 45*). L'absence d'écho rend

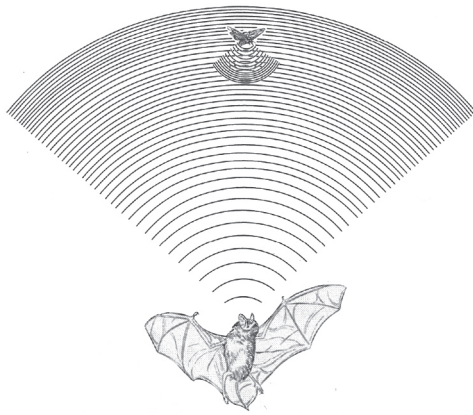


FIG 45 | Sonar des chauve-souris, écholocalisation

par contre très efficace le mécanisme de communication des rennes. Le son léger produit par les articulations de leur genoux leur permettent de se retrouver lorsqu'ils se perdent de vue.

Dans des conditions normales, la vitesse du son est de l'ordre de 340 mètres par seconde. Contrairement à la vitesse de la lumière, la vitesse du son n'est pas une constante, mais varie en fonction de la température et de la pression. Le son se propage plus lentement lorsque l'air est froid et sa vitesse diminue avec l'altitude. Cette quantité exceptionnellement faible de sollicitations visuelles et auditives altèrent la notion du temps, qui semble ralentir et s'écouler plus lentement.

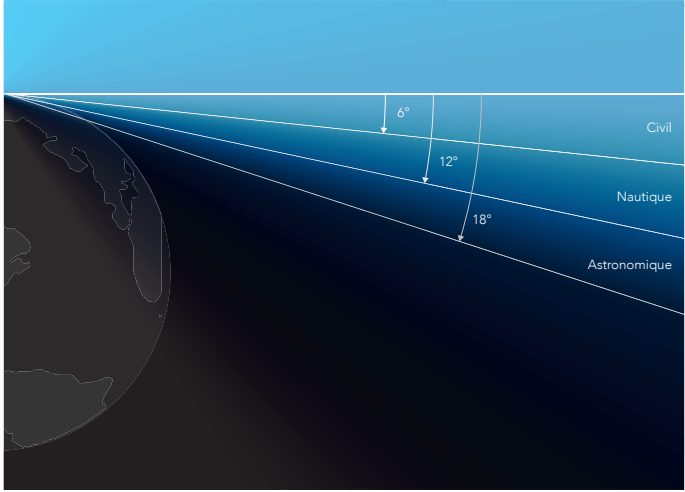


FIG 46 | Phases de crépuscule

FLOU

Tant que le soleil n'est pas à plus de 18° sous l'horizon, la lumière est encore présente. Le crépuscule peut durer plusieurs heures, notamment lors de la nuit polaire quand le soleil monte à l'aube et redescend au crépuscule sans jamais se montrer. Tant que le soleil est à moins de 6° sous l'horizon, la lumière est suffisante pour lire. Il est encore possible de se déplacer relativement facilement jusqu'à 12°, activité qui devient très difficile puis impossible lorsqu'il passe sous les 18° sous l'horizon et que la nuit noire commence¹. La luminosité, sa composition et les effets du froid sur l'organisme et sur l'environnement ont une forte influence sur notre perception dans ce paysage où le bleu est à l'honneur, couleur si représentative des environnements polaires.

Les éléments qui constituent le paysage ont la particularité de ne diffuser qu'une partie des longueurs d'ondes lumineuses qui les atteignent. C'est ainsi que les feuilles des arbres sont vertes et que leur tronc est brun sous la lumière blanche du soleil. Lorsque seules les longueurs d'ondes qui les atteignent sont celle du spectre bleu, ils ne peuvent que diffuser cette teinte, plus ou moins fortement. S'ils ont une forte capacité à absorber cette couleur, ils ne renvoient pas de lumière et paraissent noirs. La luminosité est de plus en plus faible à mesure que le soleil descend sous l'horizon, et même la neige et son fort pouvoir de réverbération ne peut refléter plus que ce qui lui est fourni. De plus, le facteur de réverbération de la neige évolue avec celle-ci. Lorsque de la neige fraîche vient de tomber, elle réverbère

¹ SAINT-CHRISTOPHE Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie, Les guides Peuples du Monde*, 2012

95 % de la lumière et les facettes de glace de ses cristaux sont effilées, parfaitement lisses et extrêmement brillantes. Avec le temps, la neige se tasse, devient plus compacte et les surfaces réfléchissantes des minuscules surfaces de glace s'arrondissent². Elle réverbère donc moins de lumière et ne brille plus. L'image offerte à la perception humaine est donc une palette de teintes de bleu plus ou moins lumineuses mais toutes relativement sombres. Les contrastes sont faibles. La force de la présence du bleu dans le paysage hivernal lapon est telle que le renard arctique, dont la fourrure tourne au blanc en hiver, est aussi appelé renard bleu, car c'est de cette couleur qu'il est le plus souvent perçu.

Lorsque la lumière est faible, les pupilles se dilatent afin de laisser passer plus de lumière. L'hypothermie a également cet effet. Cette augmentation du diamètre de la pupille, bien qu'elle permette une image plus lumineuse a pour effet de la rendre moins nette. Dans des conditions normales, les fluides contenus dans l'œil et la correction de la courbure de la cornée par un plissement des yeux corrigent en partie ce flou en déviant les rayons. Lors d'une exposition prolongée au froid, ces divers mécanismes sont fatigués et ne sont plus performants. Le paysage est flou et les limites des objets sont difficiles à percevoir. Ils semblent plus gros, considérant les limites du flou.

Notre capacité à percevoir les limites des objets est permise par la carte mentale que le cerveau utilise pour garder les informations de spatialité organisées. Cette représentation

2 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Réverbération_\(optique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Réverbération_(optique))



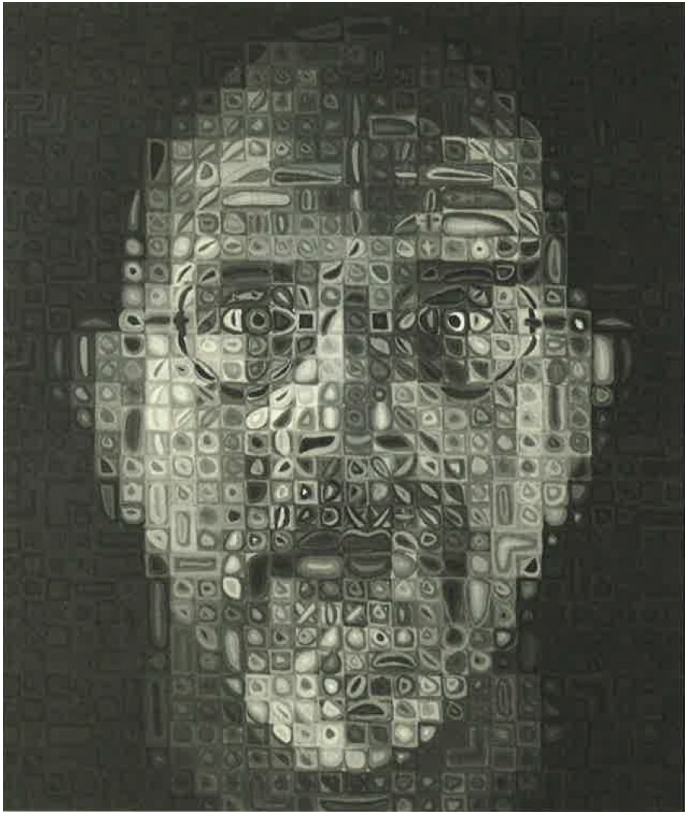


FIG 48 | Auto portrait Chuck Close

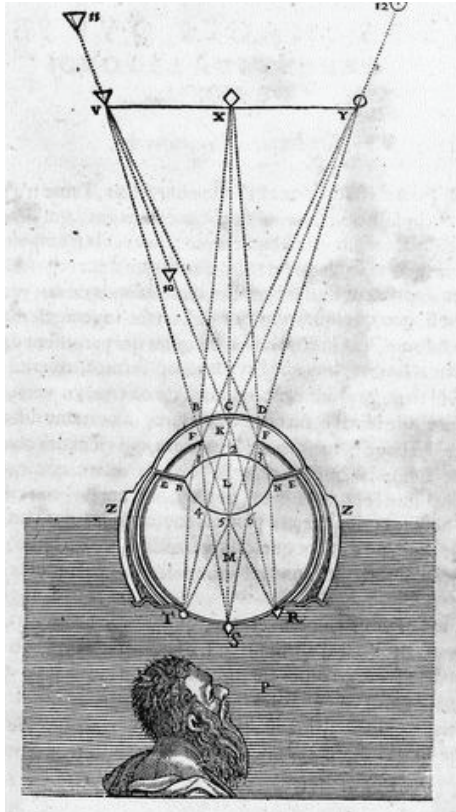


FIG 49 | L'œil, dessin, Descartes

accentue les contrastes, mettant en évidence les contours, les endroits où le schéma lumineux change. Sur la carte mentale correspondant aux tableaux perçus dans les conditions du crépuscule, les contrastes faibles, le flou ainsi que la monochromie de l'image compliquent notre compréhension de notre environnement.

Notre perception des distances aussi est plus difficile. La taille relative des objets perçus est faussée. Les ombres sont absentes. La stéréovision permise par la distance entre les yeux n'est pas d'un grand secours lorsque le regard porte sur un paysage si vaste et sur des objets lointains. Le phénomène de l'occlusion peine à donner des indications de distances lorsque les limites des objets sont si peu perceptibles. L'image est plate. Bidimensionnelle, elle semble très distante. Perçue dans ces conditions elle est caractérisée par les deux phénomènes utilisés dans la peinture pour accentuer la notion de lointain : un léger flou et une teinte bleue³.

La perception de l'environnement, lorsque les ondes bleues sont aussi présentes, est si difficile que les rennes adaptent leur vision en modifiant la couleur de leurs rétines. D'un brun doré en été, elles se teintent d'un bleu profond en hiver. Sous l'effet de la pression modifiée par la température, certaines cellules situées derrière la rétine se resserrent afin de mieux refléter les longueurs d'ondes bleutées. Cela leur permet de mieux voir les mouvements de leurs prédateurs dans l'obscurité. En contrepartie, les images imprimées sur la rétine seraient apparemment moins nettes⁴.

3 GROH Jennifer, *Making space, How the brain knows where things are*, The belknap press of Harvard University Press, Angleterre, 2014

4 https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/grands-mammiferes/les-yeux-marrons-des-rennes-deviennent-bleus-en-hiver_12313

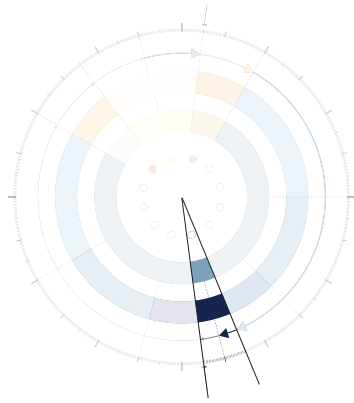
La mise à distance de l'environnement et l'absence d'éléments qui fixent le regard semble rendre la perception plus globale et abstraite, afocale. La vision englobe simultanément le territoire, mais l'impression reste floue, comme dans une rêverie.

Lorsque l'humidité est si forte que l'air lutte à contenir l'eau, le brouillard apparaît. Quand elle est suspendue dans l'air sous forme d'un amas de fines gouttelettes, l'eau forme un épais brouillard et fait de l'expression *la tête dans les nuages* une humide réalité. Sous ces latitudes où l'air est sec, c'est principalement à proximité des océans, des lacs et dans une moindre mesure des rivières, que ce phénomène se produit. Un peu comme la neige ou l'écume, le brouillard diffuse chaque longueur d'onde selon la même proportion. Contrairement cependant au cas de la neige, où la lumière est simplement reflétée, elle doit ici traverser l'épaisseur dense du nuage de brouillard. Elle nous parviendra ainsi blanche, plus ou moins lumineuse ou obscure. Lorsque le ciel est blanc, il semble se confondre avec la neige du sol.

Le brouillard peut être extrêmement épais. Parfois, comme si le sol transpirait, l'air semble s'épaissir jusqu'à devenir opaque. Un mur blanc s'interpose entre l'observateur et son environnement, dissimulant le paysage et réduisant le rayon de son champs de vision. Incapable de voir loin pour se repérer, son attention se concentre sur les objets proches de lui. Seuls lui sont visibles les objets n'excédant par une certaine distance limite. Plus celle-ci est réduite, plus les éléments qu'il voit semblent se trouver sur un unique plan. Ces éléments reposent sur la ligne d'horizon, qui apparaît plus proche et devient excessivement présente,

presque physique. A mesure que le brouillard s'épaissit, le néant du blanc semble se rapprocher progressivement, précédé par le froid, invisible mais pénétrant, dont l'humidité ambiante amplifie la sensation. Le mur d'air se rapproche du promeneur et finit par l'avaler sans jamais le toucher bien que la frontière du brouillard ait en réalité une épaisseur. Le sens de la vision en totale déroute, le brouillard semble dégager une odeur d'inconnu qui amplifie le sentiment de désorientation.





ÉPUISEMENT

*Light thinks it travels faster than anything but it is wrong.
No matter how fast light travels, it finds the darkness has
always got there first, and is waiting for it¹.*

¹ PRATCHETT Terry

Lorsque la nuit tombe, la lumière est si rare que l'obscurité envahit le territoire.

ÉPUISEMENT

Que se passe-t-il s'il n'y plus de chaleur ni de lumière ? La température extrême est à 0 degrés Kelvin, soit -273.15 degrés Celsius. Le zéro absolu est la température la plus basse qui puisse exister. Toutes les particules sont dans le même état d'énergie minimale, parfaitement immobiles, rattrapées par le froid. Plus rien ne se passe, plus rien ne se produit. Plus aucune action ni transformation n'est possible. Lorsque la luminosité est nulle, l'œil ne reçoit plus aucune stimulation. La couleur est une sensation résultant de l'impression produite sur l'œil par un rayonnement lumineux. Théoriquement, le noir n'est pas une couleur, mais l'absence totale de lumière.

La température du zéro absolue est une valeur théorique qui ne peut être atteinte qu'asymptotiquement. De la même façon, le noir de la nuit n'est pas du à une absence totale de lumière, mais à la limite de la sensibilité de l'œil, qui voit du noir lorsque la lumière est extrêmement faible. L'hiver en Laponie, bien que très rude, est loin d'atteindre ces minimums. La vie y est encore présente, bien qu'elle y soit bien plus lente et plus difficile.

Le dynamisme est toujours présent dans le paysage, car bien qu'il présente une image figée, ce tableau est un arrêt sur image d'une évolution, d'un cycle. Les traces du mouvement des rivières et le dessin tortueux des fjords formés par la retraite des glaciers est encore visible. La neige a gardé en mémoire les empreintes des pérégrinations des hommes et des animaux

et la positions des arbres révèle les contraintes de vent et de lumière auxquelles ils étaient soumis lorsqu'ils ont été immobilisés.

Lorsque l'étoile principale du système solaire se couche et que sa lumière disparaît, d'autres étoiles nous apparaissent. La luminosité diminuée révèle les aurores boréales qui se déplacent dans le ciel, comme un rideau sous la pression du vent. Comme les nuages qui sont encore éclairés par le soleil bien après qu'il ait disparu grâce aux rayons crépusculaires, la lune qui reflète sa lumière nous rappelle que le soleil n'est pas loin et qu'il reviendra. Rien ne dure toujours et tout a une fin. Même la nuit.

La nuit polaire procure également à celui qui y survit une grande liberté. Lorsque le territoire gèle, et que les rivières se figent, c'est les possibilités de déplacement qui se libèrent. Le voyageur n'a plus de limites ni de barrières, pas même l'horizon, invisible sous le couvert de la nuit.

L'absence totale de lumière n'existe pas sur terre, tout comme le zéro absolu. Il n'en faut cependant pas tant pour mettre en déroute l'organisme humain. Il n'est pas nécessaire que la température baisse jusqu'à -273.15 degrés, ni que la lumière soit inexistante pour que le corps humain soit rattrapé par le froid où qu'il ne soit plus capable de discerner quoi que ce soit. Lorsque la température du noyau corporel de l'homme descend en dessous de 18 degrés, c'est la mort. Sa respiration, son cœur, tous ses organes et toutes ses fonction s'arrêtent.

L'homme n'hiberne pas et ses forces ne lui permettent pas d'être en mouvement constant. Il a besoin d'un endroit où abriter son immobilité et sa rêverie mais aussi d'un environnement qui lui insuffle, malgré le bleu ambiant, le dynamisme du temps, l'optimisme de la journée et l'insoumission du coucher du soleil.

ÉPUISEMENT





FIG 53 | Décosterd et Rahm, architectes associés, construction d'une annexe à une maison à Yvonand, Suisse, 1997-98

DÉBOUCHÉS

Toute chose est conditionnée par son environnement. En Laponie, les spécificités du climat ont sur les organismes vivants un impact tant physique, que biologique et physiologique.

L'architecture, dans un tel milieu, est soumise aux mêmes conditions climatiques que les êtres vivants et elle aussi leur est sensible. Elle est partie prenante de l'écosystème, subissant le vent violent et le froid pénétrant. Les matières qui la composent sont, comme tous les éléments du territoire, engagées dans les cycles naturels spécifiques de la région. Aux cours de ceux-ci, la construction passe par les différentes phases étudiées précédemment. Lorsqu'elle est confrontée à l'agression du temps, de la force de la pesanteur, et des conditions hostiles du milieu, elle s'use, se fatigue progressivement jusqu'à l'épuisement et tend inmanquablement à la ruine.

Dans cet exemple du aux architectes Jean-Gilles Décosterd et Philippe Rahm, les éléments de la construction sont surdimensionnés afin de prendre en compte leur désagrégation chimique et la diminution de leurs épaisseurs dans le temps¹.

¹ COLLECTIF, *Quels paysages*, L'architecture d'aujourd'hui, n° 317, juin 1998



FIG 54 | Photographie, Tettamenti, Groenland

Une construction est fixée au sol, comme la végétation ; elle ne peut se déplacer. Le mouvement est pourtant un atout dans de tels territoires, comme le montre le mode de vie traditionnellement nomade des autochtones et des animaux emblématiques de la Laponie. Leurs migrations permettent à la fois une utilisation parcimonieuse des ressources qui peuvent ainsi se renouveler et une empreinte minimale sur le territoire en ayant recourt à des habitations provisoires utilisant les matériaux naturels du lieu.

La conscience de la pression qu'une architecture exercera sur le lieu et des défis que comportent les différentes phases des cycles auxquels elle sera soumise, permet de l'inscrire dans l'univers élargi de l'écosystème local. Les caractéristiques d'une architecture en résonance avec le territoire rendent visibles les contraintes auxquelles la construction doit faire face.

On peut lire sur cette photographie de Joël Tettamanti les caractéristiques du cycle auquel la construction est soumise. La hauteur du socle de béton révèle les conditions d'enneigement hivernal du Groenland.

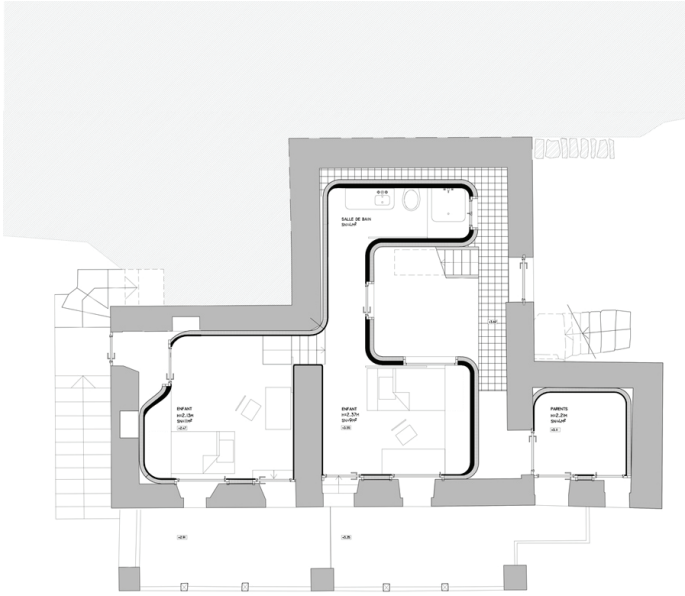


FIG 55 | Philippe Rahm, *Maisons à Mergoscia*, plan du 1^{er} étage, Suisse, 2008

L'architecture permet la délimitation d'un intérieur, défini par le Larousse comme l'espace compris entre les limites de quelque chose ; la partie de dedans par opposition à ce qui est au-dehors¹. La faune et la flore ont recours à des enveloppes pour définir les limites de leur organisme au sein de l'environnement extérieur. Cette couche garantit aux éléments du territoire d'une part une protection contre les éléments tels que le vent, le froid ou les précipitations et d'autre part l'absorption et le stockage d'énergie, comme le rayonnement solaire ou l'énergie thermique. Elle permet de créer un nouveau climat au sein duquel les paramètres de l'environnement ont une nouvelle configuration.

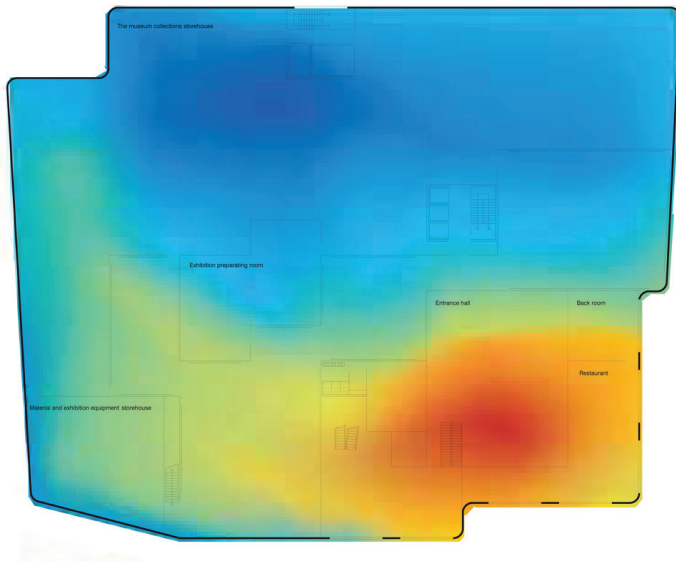
L'augmentation du pouvoir isolant de leur enveloppe par les rennes ou la végétation lors de l'attaque du froid, consiste soit à épaissir cette couche de protection, soit à la dédoubler. Cette deuxième stratégie crée des interstices, des sas.

L'enveloppe est un filtre qui régule les échanges entre deux milieux épuisant progressivement le froid lorsqu'il la traverse. Elle ne peut les empêcher de s'influencer.

Dans le plan ci-contre, on peut voir l'isolation d'une maison en pierre sèche. Le projet a la particularité de dissocier par endroit la nouvelle couche d'isolation du mur existant, ouvrant des espaces intermédiaires plus sensibles au contexte climatique immédiat².

1 <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/intérieur/43707?q=intérieur#43628>

2 <http://www.philipperahm.com/data/projects/mergosciahouse/index.htm>



Occupied places (with normal dress)	Temperature °C
Very slight physical activity (meeting rooms, auditorium, restaurants)	20-21°C
Slight physical activity (showrooms, workshops, cooking)	18-20°C
Circulation (corridors, stairwells, lobby)	17-18°C
No regular occupation (archives)	16-17°C

FIG 56 | Philippe Rahm, *Musée convectif*, plan d'étage, Pologne, 2008

Entre les limites de cette enveloppe, dans un espace comme dans le corps humain, la chaleur et l'énergie sont rarement répartis d'une façon uniforme.

De plus, chez tout organisme, une circulation interne permet la distribution d'énergie aux différentes parties qui le constituent, proportionnellement aux besoins, grâce à des flux de débits différents. Lorsque l'énergie thermique se raréfie, le corps humain privilégie les organes vitaux, au centre de la cage thoracique, au détriment du reste du corps, dont la température diminue au contact de l'extérieur. Différents micros-climats sont ainsi créés, selon les besoins. De la même façon, toutes les pièces de la maison ne demandent pas les mêmes conditions, car aux différentes activités de l'homme correspondent des critères spécifiques de qualité d'air, de lumière, d'humidité ou de chaleur. L'habitation doit regrouper plusieurs micro-climats.

Dans ce projet de musée, Philippe Rahm imagine une *architecture comme climat*. Deux sources de chaleurs, de températures différentes, génèrent l'atmosphère de tout le musée en composant une multitude de zones, de climats allant de 16° à 22° celsius, dans lesquels est ensuite réparti le programme¹.

¹ <http://www.philipperahm.com/data/projects/convectivemuseum/index.html>



FIG 57 | Philippe Rahm, *Hormonorium*, 8ème biennale d'architecture de Venise, Pavillon suisse, 2002

Les paramètres qui définissent un climat ont une influence sur l'état d'esprit, l'attitude et le ressenti des organismes qui s'y trouvent. Leur configuration caractérise l'atmosphère du milieu et agit sur les mécanismes physiques par lesquels les sollicitations extérieures parviennent à l'individu, ainsi que sur les organes sensoriels qui permettent la perception de ces sollicitations. L'addition du froid et de l'obscurité a pour effet notamment de ralentir le son, inhiber le sens du toucher, brouiller la vision, et diminuer la réactivité de notre cerveau.

La compréhension des mécanismes physico-chimiques régissant les organismes engendrent une modification de la compréhension de l'espace et par là même de notre mode d'habitation de l'environnement¹.

Le Pavillon suisse se présente comme un ensemble de dispositifs physiologiques. Par les paramètres de lumière, de concentration d'oxygène et de température, il crée un climat stimulant. On peut y voir une sorte de représentation physiologique de la haute montagne, à ingérer, par la respiration, par la rétine, par le derme².

1 RAHM Philippe

2 <http://www.philipperahm.com/data/projects/homonorium/index.html>

TABLE DES FIGURES

- FIG 1 http://oldgoths.blogspot.ch/2010/02/tashinlhunpo-mahayana-buddhist-pilgrims_09.html
- FIG 2 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Laponie>
- FIG 3 <http://dateandtime.info/city.php?id=847633>
- FIG 4 Photographie de l'auteur
- FIG 5 <https://forskning.no/pedagogiske-fag-skole-og-utdanning/2011/12/begredelig-kunnskap-om-samer>
- FIG 6 Wikimedia commons
- FIG 7 <https://wegoastrology.wordpress.com/2014/04/08/roman-emperors-astrology/>
- FIG 8 <https://wegoastrology.wordpress.com/2014/04/08/roman-emperors-astrology/>
- FIG 9 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 10 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 11 <https://fr.climate-data.org/location/291585/>
- FIG 12 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 13 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 14 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 15 <https://learn.weatherstem.com/modules/learn/lessons/91/13.html>
- FIG 16 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 17 <https://www.kartable.fr/ressources/physique-chimie/methode/etablir-un-montage-permettant-la-decomposition-d-un-faisceau-de-lumiere-blanche-2/20047>
- FIG 18 <http://www.kranegalleri.no/arvid-sveen>

- FIG 19 Photographie de l'auteur
- FIG 20 SAINT-CHRISTOPHE Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie, Les guides Peuples du Monde*, 2012
- FIG 21 Wikimedia commons
- FIG 22 BOBBE Sophie, *Taïga-Toundra, la démesure*, éditions Autrement, 1999
- FIG 23 WOLCOTT, *Animal Biology*, Mc Graw Hill, 1946
- FIG 24 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gurger, 2012
- FIG 25 Photographie, Marcin Kałwak
- FIG 26 Wikimedia commons
- FIG 27 Wikimedia commons
- FIG 28 GROH Jennifer, *Making space, How the brain knows where things are*, The belknap press of Harvard University Press, Angleterre, 2014
- FIG 29 <https://www.flickr.com/photos/28772513N07/3391041598>
- FIG 30 Wikimédia commons
- FIG 31 Photographie de l'auteur
- FIG 32 Photographie de l'auteur
- GIF 33 Wikimedia commons
- FIG 34 CHERNOV Yury Ivanovitch, *The living toundra*, Cambridge university press, 1985
- FIG 35 <https://www.guggenheim.org/artwork/11690>
- FIG 36 Wikimedia commons
- FIG 37 Wikimedia commons
- FIG 38 Wikimedia commons
- FIG 39 Wikimedia commons
- FIG 40 Wikimedia commons

- FIG 41 Photographie de l'auteur
- FIG 42 Photographie de l'auteur
- FIG 43 LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012
- FIG 44 <http://audition-vision.webnode.fr/le-tpe/la-transmission-d-une-onde/>
- FIG 45 GROH Jennifer, *Making space, How the brain knows where things are*, The belknap press of Harvard University Press, Angleterre, 2014
- FIG 46 <https://weather.station.software.fr/aube-crepuscule/>
- FIG 47 Photographie de l'auteur
- FIG 48 <https://www.artsy.net/artwork/chuck-close-self-portrait-2043>
- FIG 49 http://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/René_Descartes/116208
- FIG 50 <http://blog.grainedephotos.com/ragnar-axelsson-photographie-les-derniers-jours-de-larctique/>
- FIG 51 Photographie de l'auteur
- FIG 52 Photographie, Marcin Kałwak
- FIG 53 Collectif, *Quels paysages*, L'architecture d'aujourd'hui, n° 317, juin 1998
- FIG 54 <http://www.tettamanti.ch/pages/tettamanti.html>
- FIG 55 <http://www.philipperahm.com/data/projects/mergosciahouse/index.html>
- FIG 56 <http://www.philipperahm.com/data/projects/convectivemuseum/index.html>
- FIG 57 <http://www.philipperahm.com/data/projects/hormonorium/index-f.html>

SOURCES

Laponie

SAINT-CHRISTOPHE Emmanuel, BERTH Valérie, *Laponie*, Les guides Peuples du Monde, 2012

LABA, *Barrents Lessons*, Harry Gugger, 2012

FLIES France, *Contes et légendes de Laponie*, Aux origines du monde, 2014

QVIGSTAD Just Knud, *Contes de Laponie*, Edition esprit ouvert, 2008

FAEGRE Torvald, *Tents, Architecture of the nomads*, John murray Ltd, 1976

TRUC Olivier, *Le dernier Lapon*, Editions Métailié, 2012

TRUC Olivier, *Le détroit du loup*, Editions Métailié, 2014

Environnement

CANOBBIO Eric, *Atlas des pôles. Régions polaires : des questions sur un avenir incertain*, Editions autrement, 2007

AXELSON Ragnar, NUTTALL Marc, *Last days of the Arctic*, Crymogea, 2013

FEHRENBACH Michel, DAWIDOWICZ Gilles, MARION Rémy, *Aurores Boréales et australes*, éditions GNGL, Pôles Images, 2001

<https://fr.climate-data.org/location/10715/>

<http://www.philipperahm.com>

Homme

KENNY W. L., *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, Bureau international du travail*

ZAFREN Ken, *Accidental hypothermia in adults*, Wolters Kluwer, 2017

<https://www.planetesante.ch>

Faune

WOLCOTT Robert, *Animal Biology*, McGraw-Hill Book Company, 1946

MARTIN Claire, *Adaptation au milieu du renne*, thèse, faculté de médecine de Creteil. 2007

www.science-et-vie.com

Flore

BOBBE Sophie, *Taïga-Toundra, la démesure*, éditions Autrement, 1999

CHERNOV Yury Ivanovitch, *The living tundra*, Cambridge university press, 1985

GOODALL David, *Ecosystems of the world, Polar and alpine tundra*, Wielgolaski, 1997

Lumière

KENNETH R. Lang, Le soleil et ses relations avec la terre,
Spinger, 1997

BURNIE David, La lumière, Editions Gallimard, 1993

<https://www.sunearthtools.com>

<http://dateandtime.info>

Sens

GROH Jennifer, Making space, How the brain knows where
things are, The belknap press of Harvard University Press,
Angleterre, 2014