



GUIDE « DIAGNOSTIC ÉLECTRIQUE EN ÉLEVAGE LAITIER »

Protocole et fiche d'intervention « type »

**Méthodologie d'intervention d'un diagnostic électrique
centré sur la recherche des courants électriques parasites
à destination des intervenants en élevage**

Le présent document est protégé par le droit d'auteur. Ainsi, toute reproduction intégrale ou partielle faite, par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'ensemble des partenaires du projet, co-auteurs du document, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Sommaire

Lexique	1
Table des abréviations.....	2
Contexte et objectifs du guide	3
I. Trois niveaux d'intervention pour la prévention et la détection des courants électriques parasites	5
a) Vérification « simplifiée » des risques électriques.....	5
b) Intervention de Niveau 1 : vérification de l'installation électrique	5
c) Intervention de Niveau 2 : recherche approfondie des courants électriques parasites.....	6
II. Protocole d'intervention	7
a) Descriptif des examens et mesures communes au diagnostic de niveau 1 et 2.....	7
① Mise en sécurité de l'intervenant.....	7
① Vérification des circuits électriques principaux.....	7
② Vérification des tensions d'alimentation.....	9
③ Vérification de la prise de terre.....	9
④ Vérification des dispositifs différentiels	12
⑤ Mesures des liaisons équipotentielle (niveau 1).....	13
⑥ Mesure de la tension de contact « de défaut ».....	15
⑦ Vérification de l'électrificateur de la ferme (niveau 1).....	16
b) Descriptif des examens et mesures spécifiques de l'intervention de niveau 2	17
⑤ Mesures approfondies des liaisons équipotentielle	17
⑥ Mesure des tensions de contact et des tensions de pas	17
⑦ Vérification de l'électrificateur de la ferme (niveau 2).....	18
c) Fiche d'intervention	20
d) Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé	20
Annexe 1 – Classification et codification des indices de protection des appareillages (norme NFC 15-100).....	23
Annexe 2 – Descriptif des types de différentiels en fonction des courants qu'ils peuvent détecter ...	24
Annexe 3 – Fiche d'intervention : diagnostic électrique en élevage laitier	25
Annexe 4 – Méthode retenue par le GPSE pour la recherche et mesures des tensions parasites dans les exploitations d'élevage (recherche approfondie de courants parasites).....	30

Lexique

Les présentes définitions sont extraites de la norme NFC 15-100.

Appareillage : matériel électrique destiné à être relié à un circuit électrique en vue d'assurer une ou plusieurs des fonctions suivantes : protection, commande, sectionnement, connexion.

Boucle à fond de fouille : partie conductrice incorporée dans les fouilles de fondation du bâtiment, généralement en forme de boucle.

Borne principale de terre : borne prévue pour la connexion aux dispositifs de mise à la terre de conducteurs de protection, y compris les conducteurs d'équipotentialité et éventuellement les conducteurs assurant une mise à la terre fonctionnelle.

Canalisation d'alimentation (électrique) : ensemble constitué par un ou plusieurs conducteurs électriques isolés, câbles ou jeux de barres et les éléments assurant leur fixation et, le cas échéant, leur protection mécanique.

Circuit (électrique/d'installation électrique) : ensemble des matériels électriques de l'installation électrique alimentés à partir de la même origine et protégés contre les surintensités par le ou les mêmes dispositifs de protection.

Conducteur de protection : conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes : masses, éléments conducteurs, borne principale de terre, prise de terre, point de l'alimentation relié à la terre ou au point neutre artificiel.

Conducteur principal de protection : conducteur de protection auquel sont reliés les conducteurs de protection des masses, les conducteurs de terre et éventuellement les conducteurs d'équipotentialité.

Courant de contact : courant électrique passant dans le corps humain ou dans celui d'un animal domestique ou d'élevage lorsqu'il est en contact avec une ou plusieurs parties accessibles d'une installation électrique ou de matériels électriques.

Courant de défaut : courant s'écoulant en un point de défaut donné, consécutivement à un défaut d'isolation.

Courant de défaut à la terre : courant de défaut qui s'écoule à la terre.

Courant de fuite : courant électrique qui, dans des conditions normales de fonctionnement, s'écoule à la terre ou dans des éléments conducteurs.

Disjoncteur : appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit.

Dispositif à courant différentiel-résiduel (DDR) : appareil mécanique ou association d'appareils destiné à provoquer l'ouverture des contacts quand le courant différentiel atteint, dans des conditions spécifiées, une valeur donnée.

Installation électrique : ensemble de matériels électriques associés ayant des caractéristiques coordonnées en vue d'une application donnée.

Interrupteur (mécanique) : appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris éventuellement les conditions spécifiées de surcharge en service, ainsi que de supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit.

Liaison équipotentielle : liaison électrique mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs.

Masse : partie conductrice accessible. Partie conductrice d'un matériel, susceptible d'être touchée, et qui n'est pas normalement sous tension, mais peut le devenir lorsque l'isolation principale est défectueuse.

Mettre à la terre : réaliser une liaison électrique entre un point donné d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel et une terre locale.

Prise de terre : partie conductrice, pouvant être incorporée dans le sol ou dans un milieu conducteur particulier, par exemple, béton ou coke, en contact électrique avec la Terre.

Sectionnement : fonction destinée à assurer la mise hors tension de tout ou partie d'une installation électrique en séparant l'installation électrique ou une partie de l'installation électrique, de toute source d'énergie électrique, pour des raisons de sécurité.

Tension de défaut : tension entre un point de défaut donné et la terre de référence, consécutivement à un défaut d'isolation.

Tension de contact : tension entre des parties conductrices quand elles sont touchées par une personne ou un animal domestique ou d'élevage.

Table des abréviations

DDR : dispositif à courant différentiel-résiduel

I Δ n : intensité de déclenchement du différentiel

N : neutre

PE : conducteur de protection (ou fil de protection)

Abréviations des unités de mesure des grandeurs électriques :

Abréviation	Unité	Grandeur mesurée
V (mV)	Volt (millivolt)	Tension
A (μ A/mA)	Ampère (micro/milliampère)	Intensité
Ω	Ohm	Résistance
Ω .m	Ohm par mètre	Résistivité
kW	Kilowatt	Puissance réelle
J	Joules	Energie électrique
Hz	Hertz	Fréquence

Contexte et objectifs du guide

Les courants électriques parasites suscitent de nombreuses interrogations. Face à ces phénomènes, les éleveurs laitiers, et leurs conseillers, se retrouvent parfois démunis et éprouvent des difficultés à identifier des solutions.

Les courants électriques parasites (aussi appelés « courants vagabonds ») sont des courants électriques dont la circulation n'est ni souhaitée, ni maîtrisée. Ces courants sont source d'inconfort et même de stress pour l'animal, et par conséquent pour l'éleveur.

Les courants parasites présents en élevage ont deux origines¹ :

- Une origine interne à l'élevage, liée aux nombreux équipements électriques et électroniques, structures et matériels métalliques présents sur l'exploitation.

Un dysfonctionnement des installations électriques et/ou des équipements de l'exploitation est souvent en cause (défaut de mise à la terre, absence de liaisons équipotentielles). Les intempéries, l'humidité, les poussières, les chocs et la corrosion (notamment par les lisiers, aliments et engrais) accélèrent leur dégradation et augmentent les risques d'incidents d'origine électrique.

- Une origine externe à l'élevage, liée aux équipements et réseaux électriques proches de l'exploitation agricole.

La présence de ligne à haute tension ou très haute tension (HT ou THT) par exemple, génère des champs électromagnétiques² pouvant interagir avec les structures métalliques à proximité et provoquer l'apparition de courants parasites (induction électrostatique ou magnétique).

En élevage, les courants parasites parcourent les éléments conducteurs, le sol et les structures métalliques de l'exploitation et peuvent accidentellement circuler dans le corps de l'animal. Les vaches laitières sont très sensibles à ces phénomènes, souvent imperceptibles par l'homme. Les études scientifiques¹ montrent que la résistance corporelle de la vache varie de 500 à 1000 ohms, contre 1000 à 5000 ohms pour l'homme.

En 2015, l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a publié, à la demande du Ministère de l'Agriculture, un rapport d'expertise sur les champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences³. Ce rapport aborde la question de courants parasites comme effets indirects des champs électromagnétiques. Plus de 300 publications scientifiques ont été analysées ainsi que les résultats d'une campagne de mesures en élevage.

La bibliographie montre que les courants parasites sont un agent de stress important pour les vaches laitières : ils perturbent le comportement des vaches avec des réponses de stress modérées à sévères (lever de pied, crispation, ...) pour des courants allant de 2 à plus de 6 mA.

En revanche, les études scientifiques ne permettent pas à l'Anses de conclure sur les effets des courants parasites sur les performances zootechniques et la santé des animaux en raison de résultats contradictoires entre observations en élevage et études en milieu contrôlé, et d'une méconnaissance des mécanismes en jeu.

¹ RIGALAMA K., DUVAUX-PONTER C., GALLOUIN F., ROUSSEL S., 2009. Les courants électriques parasites en élevage. Inra Prod. Anim., 22, 291-302.

² Un champ électromagnétique est associé à l'existence simultanée de deux champs vectoriels : un champ électrique et un champ magnétique qui se caractérisent par leur amplitude, leur direction et leur sens. Ces deux champs ont une origine commune qui est la charge électrique ; le champ électrique étant associé à l'existence d'une charge électrique alors que le champ magnétique est associé au mouvement de cette charge (source : Anses, 2015³).

³ Anses, 2015. Conséquences des champs électromagnétiques d'extrêmement basses fréquences sur la santé animale et les performances zootechniques. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2013sa0037Ra.pdf>

A la demande des éleveurs, le CNIEL a initié en 2016 des travaux sur les courants électriques parasites afin de détecter et résoudre ces phénomènes en élevage laitier.

Groupe de travail

Le CNIEL a constitué un groupe de travail réunissant des professionnels de l'électricité, de la traite, du bâtiment et de la santé animale. Il rassemble des experts des chambres d'agriculture des Hauts de France et de Loire Atlantique, du CLASEL (groupe Seenergi), du CROCIT Bretagne, du GDS Bretagne et de l'Institut de l'Élevage. Les experts du GPSE⁴ ont également été consultés au cours de ce travail.

La vérification de l'installation électrique est une première étape indispensable à la prévention des courants électriques parasites. En 2006, le CROCIT Bretagne a établi un protocole de diagnostic intitulé « *Protection électrique du bloc traite* », centré sur les différents locaux de l'élevage laitier en lien avec la traite (salle de traite, local de stockage du lait, local des machines etc.).

Le groupe de travail a souhaité poursuivre cette démarche en élargissant ce diagnostic au logement des vaches laitières, avec la volonté de diffuser cette démarche au niveau national. Il a construit une méthode d'intervention « Diagnostic électrique en élevage laitier » qui fait l'objet du présent guide.

Objectif du guide

→ **Fournir aux intervenants en élevage un protocole et une fiche d'intervention « type » pour la réalisation d'un diagnostic électrique centré sur les courants électriques parasites.**

Ce diagnostic a pour objectif de procéder à une vérification de l'installation électrique, de détecter la présence des courants électriques parasites et, le cas échéant, leurs origines sur l'élevage.

Ce diagnostic concerne les différents locaux de l'élevage laitier, du bloc traite (salle de traite, local de stockage du lait, local machines, ...) à la stabulation des vaches laitières. A la demande de l'éleveur, le diagnostic peut concerner l'élevage dans sa globalité ou être orienté spécifiquement vers un local de l'exploitation (bloc traite ou stabulation uniquement).

Cible du guide

→ **Intervenants en élevage ayant des compétences électriques préalables (formation initiale) et titulaire d'un titre d'habilitation⁵ électrique adapté aux opérations générales effectuées en basse tension (habilitation BT-BR).**

Avertissements

Ce diagnostic électrique n'entre pas dans le cadre des obligations réglementaires imposées par le code du travail (décret n°88-1056 du 14 nov. 1988) ou par la réglementation des installations classées. Ces réglementations imposent que les contrôles soient réalisés par des organismes accrédités par le COFRAC (Comité Français d'accréditation).

Le diagnostic n'inclut aucune modification de l'installation électrique. A l'issue du diagnostic, l'intervenant relève les défauts de l'installation électrique et les risques pour les animaux et les personnes. A la fin du diagnostic, l'intervenant fournit à l'éleveur un compte-rendu d'intervention contenant ses conclusions et ses recommandations d'amélioration. Il appartient à l'éleveur de contacter son électricien pour tous travaux qu'il jugera bon de réaliser.

⁴ Groupement Permanent de Sécurité Electrique

⁵ L'habilitation est la reconnaissance par l'employeur de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir ses tâches en sécurité vis-à-vis des risques électriques. Cette habilitation peut être révisée tous les 2 ou 3 ans et à chaque fois que nécessaire (fréquence des journées de « recyclage » fixée par l'employeur).

I. Trois niveaux d'intervention pour la prévention et la détection des courants électriques parasites

La prévention des courants électriques parasites passe par trois niveaux d'intervention :

- **Une vérification « simplifiée »** des risques électriques : vérification de la prise de terre et des liaisons équipotentielle des masses en contact avec les animaux d'élevage (salle de traite, cornadis et logettes).
- **Un diagnostic de niveau 1** : vérification de l'installation électrique.
- **Un diagnostic de niveau 2** : recherche approfondie de courants électriques parasites

La « vérification de base » peut être proposée par un conseiller d'élevage habilité BT-BR au cours d'une intervention ayant un autre objet (lors d'un contrôle machine à traire type Certi'Traite® par exemple).

Le diagnostic de niveau 1 et de niveau 2 font l'objet d'une intervention à part entière. Face à un problème d'ordre électrique, l'éleveur peut solliciter l'une de ces deux interventions.

Le « *Diagnostic électrique en élevage laitier* » (niveau 1 et 2) s'appuie sur le protocole du diagnostic « *Protection électrique du bloc traite* » établi par le CROCIT Bretagne et l'expertise du groupe de travail réuni par le CNIEL et ayant travaillé à l'élaboration de ce guide.

a) Vérification « simplifiée » des risques électriques

Objet de l'intervention.

Dans de très nombreux cas, des défauts liés à la prise de terre et aux liaisons équipotentielles sont constatés dans les élevages laitiers. Or une prise de terre efficace et de bonnes liaisons équipotentielles sur les éléments conducteurs permettent d'évacuer les courants de fuite et de limiter l'apparition de courants parasites. Cette vérification de « base » doit permettre de détecter un problème d'ordre électrique dans les élevages. En cas de défaut, un diagnostic de « niveau 1 » ou de « niveau 2 » doit être proposé à l'éleveur.

Contenu de l'intervention.

Deux mesures sont recommandées pour cette vérification « simplifiée » (ou « minimale ») :

- Vérification de la prise de terre (si présence d'une terre spécifique au bâtiment d'élevage) ;
- Vérification des liaisons équipotentielles des principaux éléments métalliques en contact avec les animaux d'élevage (salle de traite et au cornadis).

Remarque. Cette intervention ne fait pas l'objet d'un chapitre particulier du présent guide. Pour en savoir plus, référez-vous au point ③ **Vérification de la prise de terre** (p. 10) et au point ⑤ **Mesures des liaisons équipotentielles (niveau 1)** (p. 14 -15).

Durée de l'intervention : 30 minutes à 1 heure.

b) Intervention de Niveau 1 : vérification de l'installation électrique

Objet de l'intervention.

Le 1^{er} niveau du « *Diagnostic électrique en élevage laitier* » consiste à procéder à une vérification de l'installation électrique afin de garantir la protection des personnes, des animaux, du matériel et des

bâtiments vis-à-vis du risque électrique. Il doit permettre de détecter la présence de défaut susceptible d'engendrer l'apparition de courants électriques parasites.

Contenu de l'intervention.

Le diagnostic de niveau 1 comprend la vérification :

- des circuits électriques principaux,
- des tensions d'alimentation,
- de la prise de terre,
- des dispositifs différentiels,
- de certaines liaisons équipotentielles*,
- du bon positionnement des divers composants de la (ou les) clôture(s) électrique(s).

* Les mesures des liaisons équipotentielles sont réalisées dans le bloc traite principalement. Dans la stabulation, l'intervenant se restreint à quelques mesures orientées par les observations de l'éleveur sur le comportement des animaux dans le bâtiment (ex. fréquentation des logettes et des abreuvoirs). L'approfondissement des mesures des liaisons équipotentielles fait l'objet du diagnostic de niveau 2.

A la demande de l'éleveur, le diagnostic peut concerner les différents locaux de l'élevage laitier ou être orienté spécifiquement vers le bloc traite (salle de traite, local de stockage du lait, local machines, ...) ou la stabulation.

Durée de l'intervention : environ 3 heures

c) Intervention de Niveau 2 : recherche approfondie des courants électriques parasites

Objet de l'intervention.

Le « *Diagnostic électrique en élevage laitier* » de niveau 2 correspond à une recherche approfondie des courants électriques parasites.

- Le diagnostic de niveau 2 peut être proposé aux éleveurs qui constatent un changement de comportement des animaux en salle de traite ou dans la stabulation (ex. animaux agités, peureux), une mauvaise fréquentation des logettes, une perturbation de l'abreuvement, une circulation difficile en salle de traite ou encore une fréquentation perturbée du robot de traite.
- Le diagnostic de niveau 2 peut également faire suite à un diagnostic de niveau 1 si celui-ci n'a pas été suffisant pour établir la présence de courants électriques parasites et/ou diagnostiquer leurs origines sur l'élevage.

Contenu de l'intervention.

Aux mesures réalisées dans le diagnostic de niveau 1, il faut ajouter pour le diagnostic de niveau 2 :

- la mesure des tensions de contact, et éventuellement des tensions de pas, dans le bloc traite et le bâtiment,
- la mesure détaillée des liaisons équipotentielles dans le bloc traite et le bâtiment,
- éventuellement, la vérification plus approfondie de l'électrificateur de la ferme.

A la demande de l'éleveur, le diagnostic peut concerner les différents locaux de l'élevage laitier ou être orienté spécifiquement vers le bloc traite (salle de traite, local de stockage du lait, local machines, ...) ou la stabulation.

Durée de l'intervention : ½ journée à une journée complète, selon l'importance du bâtiment et l'approfondissement nécessaire.

II. Protocole d'intervention

a) Descriptif des examens et mesures communes au diagnostic de niveau 1 et 2

Rappel : l'intervention « *Diagnostic électrique en élevage laitier* » de niveau 1 s'appuie sur le protocole du diagnostic « *Protection électrique du bloc traite* » établi par le CROCIT Bretagne et l'expertise du groupe de travail réuni par le CNIEL et ayant travaillé à l'élaboration de ce guide.

① Mise en sécurité de l'intervenant

Le diagnostic doit être mis en œuvre par une personne ayant des compétences électriques préalables (formation initiale) et titulaire d'un titre d'habilitation électrique adapté aux opérations générales effectuées en basse tension (habilitation BT-BR).

Pour intervenir en basse tension et se prévenir du risque électrique, il est recommandé de porter les Equipements de Protection Individuels (EPI) appropriés (cf. *II.d. Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p. 21). Les conditions de mise en œuvre, le choix et l'utilisation des EPI sont définis par l'employeur après analyse du risque en respectant les principes généraux de prévention.

En début d'intervention, vérifier la valeur du courant de fuite. Cette étape permet de vérifier la mise en sécurité de l'opérateur pour la suite des opérations. C'est une mesure de sécurité indispensable.

NB. Pour une protection différentielle de 30 mA, le courant de fuite ne doit pas dépasser 10 mA (*norme NF C15-100, 314.1*).

① Vérification des circuits électriques principaux

Au préalable, consulter le schéma électrique de l'élevage. Dans la mesure du possible, demander à l'éleveur de vous le mettre à disposition dès la prise de rendez-vous.

Tout utilisateur (ici l'éleveur) doit pouvoir fournir un schéma d'ensemble, complet et à jour (norme NFC 15-100, partie 5-51).

NB. Il arrive fréquemment que le schéma électrique n'existe pas ou ne soit pas à jour. C'est une cause majeure de perte de temps et d'efficacité lors du diagnostic.

▪ **Armoires/coffrets électriques**

Dans un premier temps, observer l'état et le positionnement des armoires électriques. Le mauvais état des armoires électriques ou leur positionnement à des emplacements exposés (ex. fosse de traite) peut provoquer des courts circuits ou défauts d'isolement susceptibles de provoquer des incendies ou d'être préjudiciables à la sécurité des personnes.

Evaluer les points suivants :

- Propreté extérieure : les armoires, coffrets, boîtes de dérivation doivent être propres, exempts de poussières importantes, toiles d'araignées, etc.
- Fermeture du boîtier : les portes des armoires ou couvercles des coffrets doivent être correctement fermés avec des dispositifs de fermetures opérationnels (clefs à proximité mais non sur l'armoire).

- Intégrité du boîtier : les portes des armoires ou couvercles des coffrets doivent être en bon état, avec absence de fissures ou de traces de chocs.
- Propreté intérieure : l'intérieur des coffrets doit être propre et ne doit pas être utilisé comme espace de rangement (ex : médicaments).
- Identification des protections : les protections présentes dans l'armoire (disjoncteurs, coupe circuit, ...) doivent être identifiées par un marquage. Vérifier la bonne correspondance de ce marquage avec les informations présentes dans le schéma électrique.
- Protection des courts circuits : vérifier que le calibre des fusibles et disjoncteurs correspond aux câbles en aval (tableau 1). Les câbles utilisés entre deux coffrets de distribution ne doivent pas provoquer une chute de tension de plus de 2% (en triphasé). La vérification concerne les câbles entre le compteur Enedis (EDF) et l'armoire générale du bloc traite, ainsi que les câbles d'alimentation des différents équipements électriques faisant l'objet du diagnostic.

Tableau 1. Longueur maximale des câbles pour une chute de tension de 2% en triphasé

P (KW)	I (A)	Section en cuivre en mm ²												
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
0,5	2,3	100	165	265	395									
1	4,6	60	84	135	200	335	530							
1,5	6,8	33	57	90	130	225	355	565						
2	9,1	25	43	68	100	170	285	430	595					
2,5	11,4	20	34	54	80	135	210	340	470	630				
3	13,6	17	29	45	66	110	180	285	395	520				
3 ;5	16	14	24	39	56	95	155	245	335	450				
4	18		21	34	49	84	135	210	295	395	580			
4,5	20		19	30	44	75	120	190	260	350	515			
5	23			27	39	68	105	170	235	315	460	630		
6	27			23	32	56	90	140	195	260	385	530		
7	32				28	48	76	120	170	225	330	460	570	
8	36					42	67	105	145	195	290	400	500	620
9	41					38	60	91	130	175	255	355	440	550
10	45					34	54	87	120	155	230	320	400	495
12	55						42	70	93	130	190	265	330	410
14	64						32	60	84	110	165	230	285	350
16	73							53	74	99	145	200	250	305
18	82							47	65	88	125	175	220	270
20	91								59	79	115	160	200	245
25	114									64	95	130	160	195
30	136										77	105	135	165
35	159											90	115	140
40	182											80	100	125
45	205												89	110
50	227													98

▪ **Câbles et conducteurs**

Les câbles doivent être solidement fixés et protégés contre les chocs mécaniques (goulottes ou chemins de câbles). Ils doivent être hors de portée des animaux d'élevage.

▪ **Indices de protection**

L'indice de protection des appareillages doit correspondre au milieu et à l'usage.

L'indice de protection d'un appareillage est défini selon le degré de protection contre la pénétration de corps solides étrangers et contre la pénétration de l'eau (code IP ; tableaux 1 et 2 de l'annexe 1 p.23) et, selon le degré de protection aux chocs mécaniques (code IK ; tableau 3 de l'annexe 1 p.23). Le premier chiffre du code IP correspond à l'indice pour la pénétration des corps solides ; le second chiffre correspond à l'indice pour la pénétration de l'eau.

Dans les parties humides de l'élevage (laiterie, stabulation), il est conseillé d'avoir au minimum un indice de protection **IP 35** (protection contre les projections d'eau). Une protection **IK 07** est très souhaitable mais non obligatoire (protection mécanique contre les chocs de deux joules).

En milieu sec (ex. bureau, local technique), une protection IP 50 peut suffire.

Vérifier les indices de protection des appareillages suivants :

- armoires et coffrets électriques,
- boîte de dérivation,
- prises de courants et interrupteurs,
- luminaires.

② Vérification des tensions d'alimentation

Toutes les canalisations d'alimentation électrique possèdent une impédance. Lorsqu'une canalisation est traversée par un courant, il y a une chute de tension entre ses deux extrémités. Or le bon fonctionnement d'un récepteur (moteur, éclairage...) dépend de la tension à ses bornes. Il est donc nécessaire de limiter les chutes de tension en ligne par un dimensionnement correct des canalisations d'alimentation.

La vérification des tensions d'alimentation est réalisée avec un contrôleur d'installation électrique (cf. II.d. *Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p. 21).

▪ Tensions entre phases

Les tensions entre phases sont mesurées au compteur Enedis (EDF). Dans la mesure du possible, ces tests sont réalisés avec les équipements concernés en fonctionnement.

En triphasé, la tension théorique entre phases est de 400 V. La tension théorique entre neutre et phase est de 230 V.

Les tensions mesurées ne doivent pas être inférieures à 10 % de la valeur théorique et ne doivent pas être supérieures à 6 % de la valeur théorique.

▪ Tension entre terre et neutre

La tension entre terre et neutre est mesurée sur une prise de courant ou dans l'armoire générale. La tension doit être faible avec une valeur inférieure à 6V (et idéalement inférieure à 2V). Ces seuils correspondent aux valeurs usuellement retenues (ils ne renvoient pas à une norme précise).

Si la valeur est importante, elle peut être expliquée par un courant de fuite élevé dans l'installation ou un courant de fuite élevé sur l'ensemble des abonnés raccordés au même transformateur EDF ou encore à un déséquilibre entre phases.

③ Vérification de la prise de terre

La résistance de la terre correspond à sa capacité à s'opposer à la circulation du courant électrique et est exprimée en Ohm (Ω). La résistivité d'un sol correspond à la résistance d'un tronçon de sol de 1 mètre de longueur et de 1 m² de section et est exprimée en Ohm par mètre ($\Omega.m$).

Une prise de terre correcte permet un bon écoulement des courants de défaut. La valeur de sa résistance est primordiale dans la chaîne de sécurité. Couplée à un interrupteur différentiel, la mise à la terre permet de limiter les tensions de contact et écarte tout danger pour les usagers et animaux.

Remarques. La solution à privilégier est la boucle à fond de fouille (norme NF C 15-100, 542.2.3.1). De préférence, la prise de terre ne doit pas être bétonnée, elle doit être éloignée de toute arrivée d'eau et séparée de l'alimentation électrique.

Remarques₂. La résistivité d'un sol dépend de sa nature et de sa composition (Tableau 2), du taux d'humidité et de la température du sol (ex. le gel ou la sécheresse augmentent la résistivité du sol). Elle varie selon les saisons et les conditions météorologiques de mesure.

Tableau 2: Valeur moyenne de résistivité des sols (norme NFC 15-100)

Nature du sol	Valeur de la résistivité moyenne ($\Omega.m$)	Nature du sol	Valeur de la résistivité moyenne ($\Omega.m$)
Sol marécageux	0-30	Sol pierreux recouvert de gazon	300-500
Limon	20-100	Sol calcaire tendre	100-500
Humus	10-150	Calcaires fissurées	500-1000
Tourbe humide	5-100	Sol calcaire compact	1000-5000
Argile plastique	50	Schiste	50-300
Marnes et argiles compactes	100-200	Micaschiste	800
Marnes du jurassiques	30-40	Granit et grès	1000-5000
Sable argileux	50-500	Granit et grès en altération	1500-10000
Sol pierreux nu	1500-3000	Granit et grès altérés	100-600

- **Présence d'une prise de terre unique**

Vérifier la présence d'une seule terre générale, spécifique au bâtiment d'élevage. L'ensemble des équipements électriques doit être rattaché à cette prise de terre.

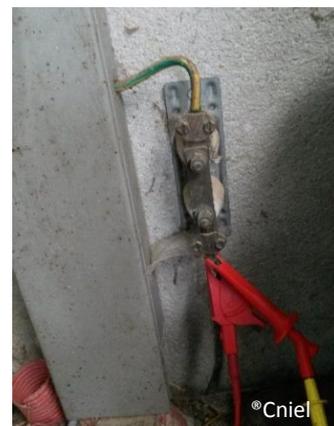
Recommandation. Dans le cas où il y aurait plusieurs terres sur l'élevage, relayer les différentes terres entre elles par une liaison équipotentielle.

- **Barrette de coupure**

Vérifier la présence d'une barrette de coupure ou, par défaut, d'un moyen de coupure.

Chaque conducteur connecté à la borne principale de terre doit pouvoir être déconnecté individuellement et seulement à l'aide d'un outil.

Remarque : le dessous de la barrette correspond à l'arrivée du puits de terre. Aucune connexion d'équipotentialité ne doit être faite en ce point.



- **Dimensionnement du conducteur**

Vérifier le dimensionnement du fil conducteur et sa nature (cuivre). Sa section doit être au minimum de 25 mm² jusqu'à la barrette de terre en câble nu ou de 16 mm² en câble isolé.

▪ Mesure du courant de fuite

Cette étape permet de vérifier la mise en sécurité de l'opérateur pour la suite des opérations (notamment lors des mesures en barrette ouverte). C'est une mesure de sécurité indispensable.

La mesure des courants de fuite est réalisée à l'aide d'une pince ampèremétrique :

- soit sur la barrette de terre ou à défaut sur le câble principal de terre,
- soit sur les trois phases et neutre de l'arrivée au boîtier principal.

En l'absence de courants de fuite, la valeur du courant qui circule dans la barrette de terre doit être proche de 0 mA. Au-delà de 15 mA, les courants de fuite peuvent déclencher le dispositif de protection différentiel.

NB. Pour une protection différentielle de 30 mA, le courant de fuite ne doit pas dépasser 10 mA (norme NF C15-100, 314.1).

NB₂. Dans le cas d'une installation comportant des variateurs de fréquence, les différentiels sont de type Si (immunisation complémentaire aux déclenchements intempestifs). Dans ce cas, on peut parfois constater des courants de fuite supérieurs à 10 mA pour une protection différentielle de 30mA.

▪ Mesure de la valeur de terre barrette fermée

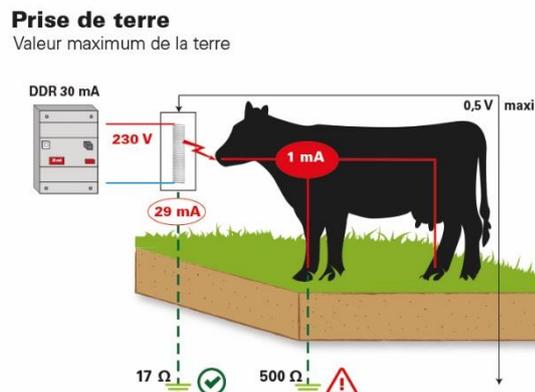
La mesure de la terre barrette fermée est réalisée avec un appareil adapté utilisant une ou deux sondes déportées (cf. II.d. *Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p. 21). Pour éviter toute influence, veiller à éloigner la ou les sondes de toute zone de potentiel : éloignement respectif des masses et des éléments conducteurs.

Réaliser une première fois la mesure, déplacer la sonde et répéter la mesure. Si la valeur mesurée reste inchangée, cela signifie que la distance est suffisante. Dans le cas contraire, déplacer la sonde jusqu'à ce que la valeur se stabilise. Consulter la notice d'utilisation de votre appareil de mesure pour établir la distance adéquate de la ou des sondes par rapport à la prise de terre.

En élevage, la valeur mesurée doit être inférieure ou égale à 18 Ohms afin d'assurer un confort optimal pour les animaux pendant la traite. Dans les installations comprenant des variateurs de fréquence ou des antennes d'identification, on peut être amené à recommander une valeur de terre plus basse.

Remarques. Pour une habitation, on se contente d'une valeur en général inférieure à 50 ohms (100 ohms si l'ensemble de l'installation est protégé par un différentiel de 30 mA). Cette valeur parfaitement admissible pour des humains est beaucoup trop élevée pour des ruminants et des bovins en particulier (résistance électrique de 500 à 1000 Ω contre 1000 à 5000 Ω pour l'Homme).

Schéma explicatif de la valeur de résistance de la terre pour le confort optimal des bovins :



Source. Cniel, inspiré du CROCIT Bretagne

▪ **Mesure de la valeur de terre barrette ouverte**

Cette mesure permet de déterminer la valeur réelle de la terre sans perturbation par la mise en parallèle des masses métalliques (tuyaux, stalles, etc.).

La mesure de la terre barrette ouverte est réalisée avec un appareil adapté utilisant une ou deux sondes déportées (cf. II.d. *Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p. 21). Pour éviter toute influence, veiller à placer la ou les sondes en dehors de toute zone de potentiel : éloignement respectif des masses et des éléments conducteurs.

Réaliser une première fois la mesure, déplacer la sonde et répéter la mesure. Si la valeur mesurée reste inchangée, cela signifie que la distance est suffisante. Dans le cas contraire, déplacer la sonde jusqu'à ce que la valeur se stabilise. Consulter la notice d'utilisation de votre appareil pour établir la distance adéquate de la ou des sondes par rapport à la prise de terre.

En élevage, la valeur mesurée doit être inférieure ou égale à 18 Ohms afin d'assurer un confort optimal pour les animaux pendant la traite. Dans les installations comprenant des variateurs de fréquence ou des antennes d'identification, on peut être amené à recommander une valeur de terre plus basse.

▪ **Mesure de l'impédance de boucle**

La mesure de l'impédance de boucle est réalisée sur une prise monophasée.

L'impédance de la boucle neutre et terre (N-PE) donne la somme des résistances de la terre de l'installation et de la terre du transformateur HT/BT⁶.

Si à cette mesure on soustrait la valeur de terre barrette fermée, on peut estimer la valeur de la terre du transformateur HT/BT. Si la valeur estimée est nettement supérieure à 15 Ω , on peut recommander à l'éleveur de demander une expertise complémentaire d'Enedis.

④ Vérification des dispositifs différentiels

Le dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) interrompt la circulation de courants de défaut lorsque ceux-ci atteignent des valeurs qui ne sont plus compatibles avec la sécurité, compte tenu de la valeur de la terre. Il comprend les disjoncteurs différentiels et les interrupteurs différentiels. Il existe différents types de différentiels en fonction des courants qu'ils peuvent détecter (annexe 2, p.24).

La vérification des dispositifs différentiels est réalisée avec un contrôleur d'installation électrique (cf. II.d. *Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p. 21).

Remarque : La présence de l'éleveur est nécessaire lors de la réalisation des mesures sur le différentiel pour réarmer les différentiels jusqu'au compteur Enedis (EDF) si besoin.

▪ **Dimensionnement des différentiels**

Tous les équipements fixes se trouvant dans un local humide (ex. salle de traite, laiterie) doivent être protégés par un différentiel de 30 mA.

Toutes les prises de courant doivent être protégées par un différentiel de 30 mA.

Les autres équipements fixes se trouvant dans des endroits secs peuvent être protégés par un différentiel de 300 mA. Il est toutefois souhaitable de les protéger par un différentiel de 30 mA pour éviter une tension de contact supérieure à 0.5 V dans la mesure où la valeur de la terre est inférieure à 18 Ohms (seuil de perception des vaches).

⁶ HT/BT : Haute Tension / Basse Tension

- **Protection des équipements et des prises**

Tous les équipements électriques et prises de courant de l'élevage doivent être raccordés à un différentiel adapté (se référer au paragraphe « *Dimensionnement des différentiels* »).

- **Vérification de la sélectivité**

En cas de défaut sur l'installation, les disjoncteurs et interrupteurs différentiels permettent d'isoler le circuit concerné. Afin de préserver le fonctionnement du reste de l'installation, seul le différentiel le plus en aval du défaut doit se déclencher. Le test est réalisé avec un courant de défaut égal à $2 \times I\Delta n$ (courant de 60 mA pour un différentiel de 30 mA). Ce test est réalisé en même temps que la mesure du délai de déclenchement.

- **Mesure du courant de disjonction**

La mesure du courant de disjonction doit se produire entre 50% et 100% du calibre nominal (entre 15 et 30 mA pour un différentiel de 30 mA).

Le test est réalisé avec un courant de défaut progressif par paliers de 15 à 30 mA. Le test est réalisé sur une des trois phases.

- **Mesure du délai de déclenchement**

Le disjoncteur différentiel doit déclencher dans un délai inférieur ou égal à 70 ms (200 ms pour un différentiel de type Si).

Le test est réalisé avec un courant de défaut égal à $2 \times I\Delta n$ (courant de 60 mA pour un différentiel de 30 mA). Ce test est réalisé en même temps que la vérification de la sélectivité.

- **Efficacité du bouton test**

Le bouton test du différentiel doit faire déclencher celui-ci.

⑤ Mesures des liaisons équipotentielles (niveau 1)

Une liaison équipotentielle consiste à relier ensemble des éléments métalliques conducteurs accessibles afin qu'il n'existe aucune différence de potentiel entre eux.

Le fait de relier toutes les parties métalliques entre elles et de les diriger vers une terre unique doit limiter les problèmes d'origine électrique. Les courants de défaut doivent s'écouler facilement à la terre. La mesure de continuité vérifie la faible résistance du circuit de masse à la prise de terre pour assurer une protection efficace. Cette résistance doit être inférieure à 2 Ohms (norme NF C 15-100).

Les éléments à relier à la terre sont :

- les masses métalliques accessibles,
- les masses des appareils de classe I⁷,
- les contacts de terre des socles de prises de courant⁸.

Dans l'intervention de niveau 1, les mesures des liaisons équipotentielles sont réalisées dans le bloc traite : local de stockage du lait, salle de traite/robot de traite et parc d'attente, local technique.

⁷ Les appareils de classe I sont ceux qui comportent une isolation principale en toutes leurs parties et un ensemble de dispositions permettant de relier leurs parties métalliques accessibles à un conducteur de terre.

⁸ Des prises de courant sans contact de terre peuvent être installées si elles sont alimentées individuellement par un transformateur de séparation.

Local de stockage du lait :

- Tank à lait
- Chauffe-eau
- Automate de lavage
- Bac de lavage
- Evier(s)
- ...

Salle de traite et parc d'attente :

- Pompe à vide, pompe à lait
- Stalles (lices avant et lices arrière)
- Rives de quai
- Lactoducs
- Contention du parc d'attente
- ...

Robot(s) de traite :

- Bras de traite
- Auge
- Portillons (entrée/sortie)
- ...

Dans la stabulation, l'intervenant se restreint à quelques mesures orientées par les observations de l'éleveur sur le comportement des animaux dans le bâtiment (exemple : logettes « désertées » par les vaches).

Pour plus de détails, se référer à la fiche d'intervention (p.25).

▪ **Dimensionnement du conducteur principal de protection**

Le conducteur principal se situe entre la barrette de terre et le répartiteur de terre du tableau de répartition.

La section du câble principal doit être supérieure ou égale à la section des câbles d'alimentation principaux avec un minimum de 10 mm². Pour les câbles d'alimentation supérieurs à 16 mm², la section du conducteur principal doit être de 16 mm².

▪ **Dimensionnement des liaisons équipotentielles principales**

Les liaisons équipotentielles principales relient entre elles :

- la borne de terre,
- les structures métalliques du bâtiment,
- toutes les masses métalliques.

La section de la liaison équipotentielle principale doit être réalisée avec un conducteur supérieur ou égal à 6 mm².

▪ **Dimensionnement des conducteurs de protection des différents circuits**

Les conducteurs de protection permettent de connecter les équipements électriques et les prises de courant à la terre générale.

Chaque canalisation doit comporter un conducteur de protection d'une section égale à celle des conducteurs actifs.

▪ **Couleur des câbles de protection**

Les câbles isolés utilisés pour réaliser les liaisons équipotentielles doivent être de **couleur vert/jaune** (couleur normalisée du fil de terre).

▪ **Continuité des équipements électriques et des masses métalliques**

Procéder à la vérification de la continuité entre la barrette de terre et les différents points des masses électriques et masses métalliques des équipements concernés. Ses mesures sont réalisées avec un

contrôleur d'installation électrique (cf. II.d. *Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé*, p.21).

La continuité sera satisfaisante lorsque la résistance entre les deux points sera inférieure ou égale à 2 Ohms.

⑥ Mesure de la tension de contact « de défaut »

La mesure des tensions de contact vise à rechercher l'apparition d'une tension de défaut sur l'installation électrique.

Par principe d'équipotentialité, toutes les masses reliées à la terre doivent être au même potentiel (absence de tension, pas de différence de potentiel). En élevage, des faibles tensions (< 500 mV) peuvent être constatées : en fonction de la différence de potentiel mesurée, l'intervenant pourra suspecter un défaut sur l'installation électrique ou à proximité du bâtiment d'élevage et poursuivre l'investigation. Au-delà de 500 mV, il existe un risque pour le confort des vaches laitières (seuil de perception électrique des bovins, en considérant une résistance corporelle de 500 Ω) et l'investigation doit être poursuivie.

Dans l'intervention de niveau 1, les tensions de contact sont mesurées à proximité du dispositif différentiel :

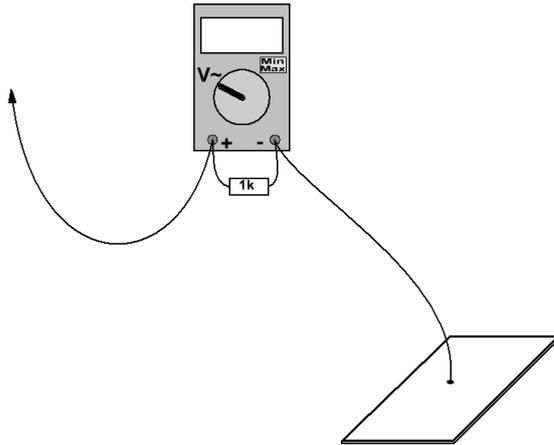
- Pour les salles de traite, sur chaque côté de la salle de traite, entre le sol et la stalle.
- Pour les robots de traite, entre la stalle du robot et le sol à l'entrée, puis entre la stalle du robot et le sol à la sortie.

Deux mesures sont réalisées en salle de traite :

- Une première mesure est réalisée avec tous les appareils en fonctionnement (pendant le lavage de la machine à traire par exemple) pour vérifier qu'il n'y ait pas apparition de tension sur les masses. Noter cette valeur de tension de contact « salle de traite en fonctionnement ».
- Une seconde mesure est réalisée, pour chaque différentiel, lors de la mesure du courant de disjonction : le voltmètre est placé en position « mémorisation », sur le quai de traite ou dans la fosse. Un défaut est provoqué (courant de défaut progressif par paliers de 15 à 30 mA – 50% à 100% $I\Delta n$). La tension qui apparaît dans cette situation de défaut est relevée (tension de contact « test différentiel »). Lors de ce test, le contrôleur d'installation affiche une tension de défaut « théorique ». Relever cette valeur (« tension de défaut relevée sur contrôleur d'installation »).

Si un défaut est relevé, il faut aller plus loin dans la recherche des tensions de contact, en procédant par tronçon (cf. diagnostic de niveau 2). En cas de présence de tension sur les masses, procéder au sectionnement des circuits électriques les uns après les autres jusqu'à disparition du défaut.

La mesure des tensions de contact est réalisée avec un voltmètre en position « courant alternatif » avec une résistance réglée sur 1 k Ω en parallèle sur les bornes. Le voltmètre est relié, par un câble blindé (câble souple silicone ou polyéthylène), à une plaque en aluminium (ou tout autre métal conducteur) déposée sur un linge humide pour un meilleur contact avec le sol. La plaque est positionnée au sol dans la fosse de traite ou sur le quai de traite.



Source. CROCIT Bretagne



© Cniel

⑦ Vérification de l'électrificateur de la ferme (niveau 1)

La clôture électrique est un système en circuit fermé où le courant est transmis par les fils. Au contact de la végétation d'un animal ou, le courant passe par le sol et revient à l'appareil par l'intermédiaire des piquets de terre.

La plupart des clôtures électriques ont une tension de sortie à vide d'environ 10 000 volts. La tension sous charge (résistance approximative de 500 Ω) est comprise entre 5 000 et 10 000 V selon les marques et les modèles (se référer à la notice du matériel). L'énergie d'impulsion est l'énergie maximale de l'impulsion qu'envoie un appareil à la clôture (« force de frappe » de la clôture) et s'exprime en Joules.

Un électrificateur possède au minimum une borne « terre » et une borne « clôture », qui peut être complétée par une seconde borne dite « tension réduite ».



© Clasel

Dans l'intervention de niveau 1, la vérification de la clôture consiste à observer et évaluer le bon positionnement des divers composants de la (ou les) clôture(s) électrique(s), et à déceler d'éventuels courants parasites liés à son fonctionnement à un temps donné.

- **Distance entre la prise de terre clôture et la prise de terre de l'installation**

La prise de terre de la clôture doit être éloignée d'au moins 25 m de la terre du bâtiment d'élevage pour ne pas affecter le circuit de terre de celui-ci.

- **Qualité d'isolement du conducteur électrique**

Vérifier l'utilisation d'un conducteur adapté aux hautes tensions. La plupart des conducteurs utilisés ne respectent pas les qualités d'isolement électrique requises (diélectrique trop faible).

▪ **Absence de contact avec les masses métalliques**

Les câbles électriques servant à transporter le courant des clôtures ne doivent pas passer près d'une masse métallique du bâtiment d'élevage au risque de générer des tensions parasites à sa surface (couplage capacitif). La distance minimum entre le fil de clôture et les masses métalliques doit être de 20 cm.

▪ **Présence de courants parasites liés au fonctionnement de la clôture**

Lors des mesures des tensions de contact de défaut, des tensions « impulsionnelles » très brèves (< 10 ms) peuvent être détectées sur le quai de traite ou dans la stabulation. Dans ce cas, on peut suspecter une incidence de la clôture électrique (impulsion de la clôture).

Le cas échéant, demander à l'éleveur de déconnecter l'électrificateur du réseau d'alimentation électrique. Mesurer à nouveau les tensions de contact à l'endroit repéré. En l'absence de tension « impulsionnelle », la clôture électrique est probablement défectueuse : vérifier l'isolement par rapport à la terre des conducteurs des clôtures (isolateurs détériorés, végétation en contact avec les conducteurs de clôture, ...).

b) Descriptif des examens et mesures spécifiques de l'intervention de niveau 2

⑤ Mesures approfondies des liaisons équipotentielles

Dans l'intervention de niveau 2, une vérification approfondie des liaisons équipotentielles est réalisée au niveau du bloc de traite et/ou dans la stabulation le cas échéant (ex. observations relevées par l'éleveur dans le bâtiment).

Dans le bâtiment, ses mesures concernent :

Structure du bâtiment :

- Charpente
- Bardage
- Portails

Aire d'alimentation :

- Cornadis
- DAC
- DAL
- ...

Equipements du bâtiment :

- Abreuvoir(s)
- Portes de tri
- Logettes
- Racleur
- ...

La méthode de mesure est la même que celle détaillée p. 14-15.

Pour plus de détails, se référer à la fiche d'intervention (p. 25).

⑥ Mesure des tensions de contact et des tensions de pas

Dans l'intervention de niveau 2, la mesure des tensions de contact et des tensions de pas visent à rechercher l'apparition d'une tension de défaut susceptible de rentrer en contact avec les vaches laitières.

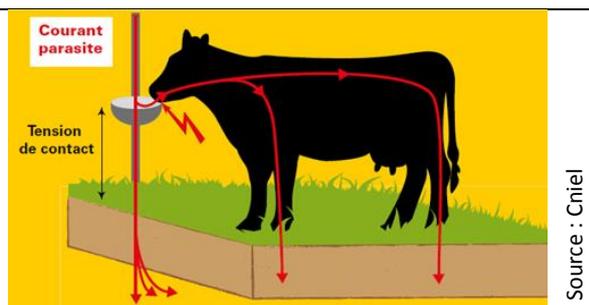
Par principe d'équipotentialité, toutes les masses reliées à la terre doivent être au même potentiel (absence de tension, pas de différence de potentiel). En élevage, des faibles tensions (< 500 mV) peuvent être constatées : en fonction de la différence de potentiel mesurée, l'intervenant pourra suspecter un défaut sur l'installation électrique ou à proximité du bâtiment d'élevage et poursuivre l'investigation. Au-delà de 500 mV, il existe un risque pour le confort des vaches laitières (seuil de perception électrique des bovins, en considérant une résistance corporelle de 500 Ω) et l'investigation doit être poursuivie.

Remarque. La mesure des tensions de pas peut être réalisée lorsque des zones d'évitement sont suspectées (ex. partie de la stabulation non fréquentée).

▪ Tension de contact

Les tensions de contact apparaissent au contact de l'animal avec un élément conducteur, comme un abreuvoir.

Un courant traverse alors l'animal et revient au sol par les pattes.



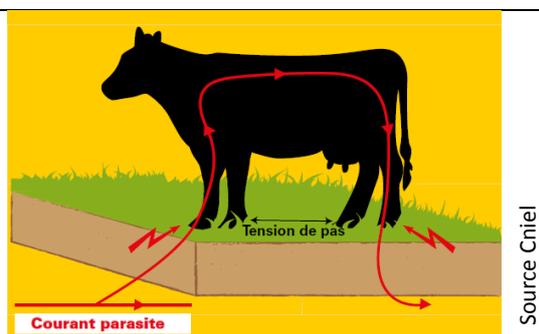
Pour une intervention de niveau 2, les mesures de tension de contact sont détaillées que ce soit au niveau du bloc traite ou dans la stabulation. A la demande de l'éleveur, les mesures peuvent être orientées vers un espace en particulier (salle de traite, logettes, etc.).

Il est recommandé de procéder par tronçon. En cas de présence de tension sur les masses, procéder au sectionnement des circuits électriques les uns après les autres jusqu'à disparition du défaut.

La mesure des tensions de contact est réalisée avec un voltmètre en position « courant alternatif » avec une résistance réglée sur 1 k Ω en parallèle sur les bornes. Le voltmètre est relié, par un câble blindé (câble souple silicone ou polyéthylène), à une plaque en aluminium (ou autre métal conducteur) déposée sur un linge humide pour un meilleur contact avec le sol. La plaque est positionnée au sol dans la fosse de traite ou sur le quai de traite (schéma p. 16).

▪ Tension de pas

Les tensions de pas apparaissent lorsqu'un courant s'établit entre les pattes avant et les pattes arrière de l'animal. La présence de tension de pas peut être la conséquence d'une fuite de courant.



La mesure des tensions de pas est réalisée avec un voltmètre en position « courant alternatif » avec une résistance réglée sur 1 k Ω en parallèle sur les bornes. Le voltmètre est relié, par un câble blindé (câble souple silicone ou polyéthylène), à deux plaques en aluminium (ou autre métal conducteur) déposées sur un linge humide pour un meilleur contact avec le sol et écartées l'une de l'autre d'un mètre environ.

Remarque : une autre méthode de recherche approfondies des tensions de contact et de pas est proposée par le GPSE. Celle-ci est placée à titre d'information en annexe de ce guide.

⑦ Vérification de l'électrificateur de la ferme (niveau 2)

Pour aller plus loin, un test complémentaire sur la clôture peut être réalisé afin d'apprécier la qualité du circuit clôture (absence/présence de défaut) et la réaction de la terre du poste de clôture. La qualité d'une bonne terre est gage d'efficacité d'une installation de clôture et limite le risque de couplage avec les autres « terres » ou éléments métalliques à proximité.

Ce test est réalisé avec un testeur de clôture.

La tension sous charge nominale varie de 5 000 à 10 000 V selon les marques et les modèles (se référer à la notice du matériel). Pour empêcher le franchissement de la clôture par un bovin, la tension sous charge doit être au minimum de 3 000 V.

Deux situations peuvent se présenter :

- On dispose de la notice du poste de clôture (ou il s'agit d'un matériel connu par l'intervenant) : la tension nominale sous charge est connue. Il est inutile de la remesurer.
- On ne dispose pas de la valeur de tension nominale sous charge : une mesure supplémentaire est nécessaire pour définir une tension nominale sous charge « de référence » qui servira de repère pour le test.



Protocole pour définir la tension nominale sous charge « de référence ».

Déconnecter l'électrificateur du réseau d'alimentation électrique. Débrancher les fils des deux bornes « terre » et « clôture ». Brancher une résistance de 500 Ω entre la borne « clôture » et la borne de terre. Rebrancher l'électrificateur. Mesurer avec le testeur de clôture la tension obtenue à la borne « clôture ». La valeur affichée correspond à la tension nominale sous charge qui servira de référence pour la suite du test. Déconnecter à nouveau l'électrificateur et rebrancher les bornes « clôture » et « terre » puis remettre sous tension.

Etape 1. Constater la quantité de défaut présente (ou non) sur le circuit clôture.

Mesurer la tension à la borne « clôture » de l'électrificateur avec le testeur. On peut aussi mesurer directement cette tension sur le fil de clôture à proximité immédiate du poste.

On considérera que la clôture présente un défaut lorsqu'un écart de tension de plus de 25% par rapport à la tension nominale sous charge de l'appareil⁹ est constaté.

Etape 2. Evaluer la réaction de la terre du poste de clôture.

Ce test consiste à vérifier le bon fonctionnement de la prise de terre de la clôture en se plaçant dans le cas d'une perte importante de tension sur le circuit clôture (court-circuit ou fuite de courant).

Pour cela, déconnecter l'électrificateur du réseau d'alimentation électrique. Simuler un court-circuit en plaçant à environ 100 m de l'électrificateur un ou plusieurs piquet(s) en fer en contact avec le sol et contre la clôture.

Rebranchez votre électrificateur et mesurer la tension sur la clôture (borne « clôture » de l'électrificateur) : chercher à obtenir une baisse de tension comprise entre 2 000 V (pour une tension nominale d'environ 5 000 V) et 4 000 V (pour une tension nominale de 10 000 V). Ajuster si besoin le nombre de piquets pour atteindre ce niveau de chute de tension. Comme précédemment, il est nécessaire de déconnecter l'électrificateur à chaque ajout d'un nouveau piquet, puis le reconnecter et vérifier à nouveau la tension sur la clôture.

⁹ On considérera la tension nominale sous charge de la notice de l'appareil ou une valeur « de référence » comme décrit plus haut.

Mesurer avec le testeur de clôture la tension à la borne « terre » :

Tension obtenue à la borne « terre » (baisse de tension de 2 000 V à 4 000 V)	Evaluation de la prise de terre de la clôture
0 - 200 V	Prise de terre satisfaisante
200 - 600 V	Prise de terre à reconstruire/surveiller
> 600 volts	Prise de terre insuffisante

Si un défaut important a été constaté sur la clôture à l'étape 1, mesurer directement la tension à la borne « terre » et référez-vous au tableau de correspondance ci-dessus.

Remarque : certains constructeurs proposent une visualisation directe de la qualité de la terre par un système de LED de couleur ou encore une procédure d'évaluation de l'efficacité de la terre à partir d'une borne « test terre ».

c) Fiche d'intervention

Une fiche « type » d'intervention est proposée par le groupe de travail. Un format papier et un format informatique pour tablette ANDROID sont proposés. Chaque structure reste libre de choisir son propre support d'intervention.

La fiche d'intervention « papier » (Annexe 3, p. 25) peut être utilisée par le conseiller en élevage pour relever chacune des mesures et annoter ses observations. Ce document peut également être utilisé à titre informatif (« pense-bête » pour le conseiller). La partie « bilan du diagnostic » peut servir de compte-rendu à remettre à l'éleveur à la fin de l'intervention.

L'outil informatique se structure de la même manière que le support papier. Il est développé pour une tablette sous ANDROID : l'installation du logiciel gratuit « MEMENTO Database » permet de charger ensuite un fichier modèle qui reproduit fidèlement les étapes et rubriques de saisie du formulaire papier. Lorsque la saisie est terminée, une procédure simple d'export sur PC génère un fichier texte délimité au format .csv.

L'outil développé sous ANDROID est disponible sur demande (dirast@cniel.com).

d) Cahier des charges du matériel d'intervention recommandé

▪ Equipements de Protection Individuels (EPI)¹⁰

Pour intervenir en basse tension et se prévenir du risque électrique, il est recommandé de porter au minimum :

- Un vêtement non propagateur de flamme, sans pièces conductrices et couvrant. Pour en savoir plus, consulter la norme NF EN 50286.
- Des gants isolants (et sur-gants le cas échéant) :

Tension maximale d'utilisation pour les gants isolants		
Classe	Tension alternative efficace	Tension continue
00	500	750
0	1 000	1 500

- Des chaussures isolantes :

Classe	Tension alternative	Tension continue
00	< 500 V	< 750
0	< 1 000 V	< 1 500

¹⁰ Pour en savoir plus, consulter la norme NF C18-510.

- Une protection des yeux et du visage : au minimum des lunettes de protection (à branches ou coques latérales) ou écran faciale contre les arcs de court-circuit.
- Un tapis isolant (NF EN 61111) :

Classe	Tension alternative	Tension continue
0	1 000 V	1 500 V
1	7 500 V	11 250 V
2	17 000 V	25 500 V
3	26 500 V	39 750 V
4	36 000 V	54 000 V

ATTENTION : ne pas utiliser un tapis sur un sol mouillé ou inondé.

Remarque : les équipements comportant le symbole IEC 60417-5216 sont appropriés aux travaux sous tension.

Rappel : Les travailleurs réalisant des travaux sous tension doivent disposer de l'équipement et du matériel nécessaires à leur protection (*Décret n°88-1056 du 14 novembre 1988*).

Les conditions de mise en œuvre, le choix et l'utilisation des EPI sont définis par l'employeur après analyse du risque en respectant les principes généraux de prévention.

▪ **Contrôleur d'installation électrique**

Ces appareils sont destinés à vérifier la sécurité des installations électriques. Ils permettent de tester une installation neuve avant de la mettre sous tension, de vérifier une installation existante, en fonctionnement ou non, ou encore de diagnostiquer un dysfonctionnement dans une installation.

Utilisation recommandée pour :

- La vérification des tensions d'alimentation (②)
- La vérification de la prise de terre (③)
- La vérification des dispositifs différentiels (④)
- Les mesures des liaisons équipotentielles (⑤)

Fonctionnalités souhaitables :

- Résistance/continuité
- Terre (1P ou 3P)
- Tests sur DDR (Dispositif à courant Différentiel Résiduel)

Autres équipements recommandés :

- Kit de terre : bobine de câbles d'au moins 50m et piquet(s) de terre.

▪ **Multimètre portable graphique**

Utilisation recommandée pour :

- La mesure des tensions de contact et des tensions de pas (⑥)

Fonctionnalités souhaitables :

- Mémorisation interne
- Mode surveillance affichant les valeurs « min » et « max »
- Résolution d'au moins 10 000 points
- Vitesse d'acquisition ≈ 100 ms

Autres équipements recommandés :

- Câble blindé type polyéthylène ou silicone
- Plaque en aluminium (ou autre métal conducteur)



- **Pince ampèremétrique (ou pince multimètre)**

Utilisation recommandée pour :

La mesure du courant de fuite (mise en sécurité de l'intervenant avant vérification de la prise de terre (③))

Fonctionnalités souhaitables :

Sensibilité mA (100 μ A à 10A)

Résolution 10 000 pts

Autres fonctions utiles :

Filtre anti-harmonique (50-60 Hz)

- **Testeur de clôture**

Utilisation recommandée pour :

La vérification de l'électrificateur de la ferme (⑦)

Fonctionnalités souhaitables :

Utilisation pour haute tension : jusqu'à 10 000 V

Sans fil



Annexe 1 – Classification et codification des indices de protection des appareils (norme NFC 15-100)

Tableau 1 : indice de protection lié à la présence d'eau

Indice de protection lié à la présence de corps solides étrangers	Désignation des classes	Caractéristiques
IP2X	Négligeable	La quantité de poussières ou de corps étrangers n'est pas appréciable
IP3X	Petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 2,5 mm
IP4X	Très petits objets	Présence de corps solides dont la plus petite dimension est au moins égale à 1 mm
IP5X	Poussières	Présence de poussières : les dépôts de poussière sont suffisamment importants pour avoir une influence sur le fonctionnement de certains matériels électriques

Tableau 2 : indice de protection lié à la présence d'eau

Indice de protection lié à la présence d'eau	Désignation des classes	Caractéristiques
IPX0	Négligeable	La probabilité de présence d'eau est négligeable
IPX1 ou IPX2	Chutes de gouttes d'eau	Possibilité de chutes verticales de gouttes d'eau
IPX3	Aspersion d'eau	Possibilité d'eau tombant "en pluie" dans une direction formant avec la verticale un angle au plus égal à 60°
IPX4	Projections d'eau	Possibilité de projection d'eau dans toutes les directions
IPX5	Jets d'eau	Possibilité de jets d'eau dans toutes les directions

Tableau 3 : indice de protection lié aux contraintes/chocs mécaniques

Indice de protection lié aux contraintes/chocs mécaniques	Désignation des classes	Caractéristiques
IK02	Faible	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 0,2 J
IK07	Moyens	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 2 J
IK08	Importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 5 J
IK10	Très importants	Environnements pouvant être soumis à des chocs d'énergie au plus égale à 20 J

Annexe 2 – Descriptif des types de différentiels en fonction des courants qu'ils peuvent détecter

- **Type AC** : il ne détecte que les **courants résiduels alternatifs sinusoïdaux 50Hz** (classiques).
- **Type A** : en plus des caractéristiques du **AC**, il détecte aussi les **courants résiduels à composante continue**. À utiliser à chaque fois que des courants de défauts ne sont pas sinusoïdaux par exemple :
 - Dans l'habitat : circuit cuisinière ou plaque de cuisson, circuits spécialisés, ... (NF C 15-100) ;
 - Dans les autres installations sur les circuits où du matériel de Classe 1 () sont susceptibles de produire des **courants de défauts à composante continue, variateurs de vitesse avec convertisseur de fréquence...**
- **Type Hi ou Hpi ou Si** : il comporte une immunisation complémentaire aux déclenchements intempestifs. Il détecte les **courants résiduels à composante alternative et continue (Type A)**. Ils fonctionnent de - 25°C à + 40°C et s'utilise dans les cas spéciaux suivants (NF C 15-100) :
 - Où il y a des **variateurs de fréquence** (ex. robot de traite) ;
 - Où la perte d'information est préjudiciable comme les lignes d'alimentation de **matériels informatiques** (banque, instrumentation de base militaire, centre de réservation aérien...) ;
 - Où la perte d'exploitation est préjudiciable (machines automatisées, **instrumentation médicale, circuit congélateur...**) ;
 - Sur les lieux où le risque de **choc de foudre est élevé** ;
 - Sur les sites avec des **lignes très perturbées** (utilisation de **tubes fluorescents...**) ;
 - Sur les sites avec de **grandes longueurs de câbles**.
- **Type B** : il détecte les **courants résiduels à composante alternative et continue (Type A)** et les **défauts à courant continu lisse**.

Ces interrupteurs différentiels sont destinés à être installés dans toutes les installations qui génèrent ou utilisent du **courant continu** : installation photovoltaïques, ascenseurs, machineries à variation de vitesse, centres d'appel, installations alimentant du matériel médical...

Annexe 3 – Fiche d'intervention : diagnostic électrique en élevage laitier
(Ci-dessous)

DIAGNOSTIC ELECTRIQUE EN ELEVAGE LAITIER

- | | |
|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Niveau 1 | <input type="checkbox"/> Niveau 2 |
| <input type="checkbox"/> Bloc traite | <input type="checkbox"/> Bâtiment |
| <input type="checkbox"/> Elevage laitier | |

IDENTIFICATION DE L'ÉLEVEUR

N° EDE :
 Nom/prénom :
 Nom élevage :
 Lieu-dit :
 Commune : |_|_|_|_|_|
 Mail :
 Tél. :

DIAGNOSTIC REALISE PAR :

Nom :
 (Habilitation BT-BR)
 Structure :
 Tél. :
 Mail :

RAISON DE L'INTERVENTION

Date de la demande : / / 20.....

Origine de la demande	Motif de l'intervention
<input type="checkbox"/> Eleveur	<input type="checkbox"/> Prévention des risques électriques
<input type="checkbox"/> Conseiller (à préciser) :	<input type="checkbox"/> Animaux agités, peureux <input type="checkbox"/> Défaut d'abreuvement
.....	<input type="checkbox"/> Mauvaise fréquentation des logettes
<input type="checkbox"/> Autre (à préciser) :	<input type="checkbox"/> Circulation difficile en salle de traite
.....	<input type="checkbox"/> Fréquentation du robot perturbée
.....	<input type="checkbox"/> Autre à préciser :

INFORMATIONS/CARACTERISTIQUES DE L'ÉLEVAGE

Descriptifs du bâtiment

Charpente (bois, métallique, ...) :

 Bardage (bois, tôles, ...) :

 Sols (béton + treillis, béton sans treillis, béton fibreux, caillebotis, etc.) :

 Autres précisions :

Machine à traire et laiterie

Type d'installation de traite :
 Année de mise en service :
 Dernières modifications sur la MAT (date, motif) :

Installation électrique

Ancienne Neuve Rénovée
 Electricien de l'élevage :

Schéma électrique : Présent Oui Non À jour Oui Non

Environnement électrique de l'élevage : (transformateur EDF, ligne électrique HT/THT, parc éolien, ...)

.....

① VERIFICATION DES CIRCUITS ELECTRIQUES

Armoires/coffres électriques

	S	P	NS	Commentaires :
Propreté extérieure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fermeture du boîtier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intégrité du boîtier (fissure, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Propreté intérieure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Identification des protections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protection des courts-circuits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Câbles et conducteurs : fixation solide, protection contre les chocs mécaniques S NS

Indices de protection : Armoires et coffrets S NS Boîte de dérivation S NS
 Prises de courants et interrupteurs S NS Luminaires S NS

② VERIFICATION DES TENSIONS D'ALIMENTATION

(400 V / -10% ou +6%) **S NS** **S NS** **Commentaires**

L1-L2 L1-L3

L2-L3 N - PE

Appareils en marche Mesure « à vide »

③ VERIFICATION DE LA PRISE DE TERRE

Présence d'une prise de terre unique : Oui Non Spécifique au bâtiment d'élevage Oui Non

Nature de la terre (piquets, boucle de fond de fouille, autre) :

Barrette de coupure : S NS

Dimensionnement du conducteur : S NS Nature du fil conducteur :

Mesure du courant de fuite : mA (mise en sécurité de l'opérateur)

	Conseillée	Observée	S NS	Commentaires
Mesure barrette fermée	≤ 18 Ω		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Mesure barrette ouverte	≤ 18 Ω		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Impédance de boucle N-PE (Zs)			

④ VERIFICATION DES DISPOSITIFS DIFFERENTIELS

Protection des équipements : S NS Protection des prises : S NS Sélectivité : S NS

Tension de contact « salle de traite en fonctionnement » (⑥) : mV

Tests des différentiels							
Description (dimensionnement)		Courant de disjonction	Délai de déclenchement	Efficacité du bouton stop	Tension contact Test différentiel ⑥	Tension contact contrôleur d'installation ⑥	S NS
1	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> D (.....mA)			<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> D (.....mA)			<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> D (.....mA)			<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> D (.....mA)			<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> D (.....mA)			<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Valeurs conseillées (I : interrupteur ; D : disjoncteur)		50% < X < IΔn	≤ 70 ms (≤ 200 ms si SI)		> 20 mV → anomalie suspectée > 500 mV → anomalie grave		

Commentaires :

.....

⑤ MESURES DES LIAISONS EQUIPOTENTIELLES

Liaisons réalisées : Treillis sol béton Structure bâtiment Tubulures Equipements d'élevage

Section du conducteur principal de protection : ≥ câbles d'alimentation principaux et >10mm²
 Autre à préciser :

Section des liaisons équipotentielles principales : ≥ 6mm² Autre à préciser :

Section des conducteurs de protection : S NS Couleur des câbles (vert/jaune) : Oui Non

	Bloc de traite				Satisfaisant si < 2Ω	
	Mesures possibles	S NS	Commentaires	Mesures possibles	S NS	Commentaires
Laiterie	Tank à lait	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Récupérateur d'eau de lavage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Chauffe-eau	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pré-refroidisseur	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Bacs de lavage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Récupérateur de chaleur	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Eviers	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Automate de lavage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Canalisation d'eau	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pompe de lavage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Autre :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Autre :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Machine à traire	Pompe à vide	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Robot de traite ①		
	Pompe à lait	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bras de traite	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Chambre de réception	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Auge	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Lactoduc droit/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Portillon entrée/sortie*	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Lactoduc d'évacuation	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Plancher	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Rives de quai droite/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Caillebotis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Lices avant droite/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Tubulure droite/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Machine à traire (SUITE)	Lices arrière droite/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Robot de traite ②		
	Canalisations de lavage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bras de traite	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Portillon(s) d'entrée	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Auge	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Portillon(s) de sortie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Portillon entrée/sortie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Escaliers	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Plancher	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Pont-Levis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Caillebotis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Contention parc d'attente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Tubulure droite/gauche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Couloir de sortie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Autre :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Autre :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

Stabulation (niveau 2 obligatoirement, niveau 1 facultatif)						Satisfaisant si < 2Ω
	Mesures possibles	S NS	Commentaires	Mesures possibles	S NS	Commentaires
Structure du bâtiment	Charpente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Couchages		
	Bardage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Logettes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Portail(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Logettes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Aire d'alimentation	Cornadis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Autre(s) bâtiment(s) (préciser)		
	Barre droite	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	DAC(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	DAL(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Râtelier à foin	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Goulotte silo aliment	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Equipements du bâtiment	Abreuvoir(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Autres mesures (préciser)		
	Canalisation(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Réserve d'eau	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Brosse(s)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Porte(s) de tri	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Portillon(s) anti retour	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Porte de pâturage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Rail racleur	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Racleur	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

Commentaires :

.....

⑥ MESURES DES TENSIONS DE CONTACT (niveau 2)

Salle de traite/robot de traite			
Lieu des mesures	Mesures possibles	Tension mesurée	S NS
Salle de traite	Quai – Lactoduc droite / gauche		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Quai - Lice avant droite/lice avant gauche		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Pont levis		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Robot de traite Stalle 1	Stalle robot - Sol		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Autre :		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Robot de traite Stalle 2	Stalle robot - Sol		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Autre :		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Couloir de sortie	Couloir sortie-sol (droite/ gauche)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Aire d'attente	Aire d'attente (tubulure-sol / mur-sol)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Stabulation			
	Mesures possibles	Tension mesurée	S NS
Stabulation VL	Cornadis-auge		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Cornadis - sol aire exercice		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Abreuvoir(s) - sol		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	DAC(s) - sol		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Tubulures logettes-sol exercice		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Sol logettes - sol aire exercice		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Brosse(s) - sol exercice		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Autre :			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Date du diagnostic : / /20.....

Commentaires :

⑦ VERIFICATION DE LA CLOTURE ELECTRIQUE

Distance terre clôture/ terre installation > 25m : Oui Non Câble adapté HT : Oui Non

Absence de contact avec les masses métalliques à proximité Oui Non

Autres observations :

Test complémentaire sur la clôture (niveau 2)

Tension nominale sous charge : V Tension borne « clôture » (parcellaire) : V

→Ecart de tension constaté (..... V) : S NS

Tension borne « terre » (en situation de défaut) : V → Prise de terre de clôture : S NS

Commentaires :

BILAN DU DIAGNOSTIC

Priorisation (1 à 5)	Défauts constatés	Interventions recommandées
1		
2		
3		
4		
5		

Autres commentaires :

.....

Annexe 4 – Méthode retenue par le GPSE pour la recherche et mesures des tensions parasites dans les exploitations d'élevage (recherche approfondie de courants parasites).

NOTE LIMINAIRE.

Les recommandations suivantes s'appuient sur la brochure du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche « *Mieux connaître les risques des courants électriques parasites dans les exploitations d'élevage* » (réf. Promotelec PRO 1083 1) sur les résultats d'études scientifiques reconnues.

NATURE DES TENSIONS PARASITES RECHERCHEES.

Les tensions parasites recherchées habituellement dans les bâtiments d'élevage sont :

1/ des tensions en courant alternatif sous fréquence industrielle (50Hz) :

- d'origine inhérente à l'exploitation (courants de défaut ou de fuite, ou phénomènes de couplage capacitif, ayant pour origine les installations électriques intérieures),
- ou d'origine externe (courants vagabonds ou liés à des phénomènes d'induction magnétique ou de couplage capacitif ayant pour origine des réseaux de transport ou de distribution d'électricité).

2/ des tensions alternatives sous des fréquences supérieures à 50 Hz qui peuvent être liées à des phénomènes de couplage par rayonnement d'ondes électromagnétiques parasites.

3/ des tensions impulsionnelles, liées au fonctionnement des clôtures et installations électrifiées. Pour mémoire, le fonctionnement des clôtures électriques s'établit comme suit : un « électrificateur » alimenté par une source en Basse Tension (prise de courant 230 Volts, pile ou batterie) génère, entre ses deux bornes de sortie, des impulsions très brèves (<10 millisecondes) sous une tension très élevée (jusque 12000 Volts) mais dont l'énergie est très faible (< 5 joules) et dont la fréquence ne doit pas dépasser 1 Hz (une impulsion/seconde).

- La borne positive est reliée aux conducteurs de clôture.
- La borne négative est reliée à la prise de terre (la terre est utilisée comme « conducteur de retour » lorsqu'un animal touche la clôture).

Très fréquemment l'électrificateur est installé dans un bâtiment et alimenté par une prise de courant 230 Volts : sa borne négative est reliée à un piquet de terre implanté près du bâtiment, sa borne positive est reliée aux clôtures, qui sont souvent disposées en périphérie complète des bâtiments.

L'isolement par rapport à la terre des conducteurs des clôtures est très souvent défectueux (isolateurs détériorés, végétation en contact avec les conducteurs de clôture...), ce qui entraîne des « fuites » des impulsions en Haute Tension, qui retournent à la borne négative de l'électrificateur par la terre. Le trajet suivi par les impulsions de fuite entre le (ou les) point de fuite des clôtures et la prise de terre de l'électrificateur est « théoriquement » rectiligne, mais dans la réalité une large bande de terrain est impactée en fonction de la résistivité de celui-ci.

Il est évident que si un bâtiment se trouve sur le trajet de retour des impulsions, celles-ci vont impacter les éléments conducteurs du bâtiment (salle de traite, abreuvoirs...) et peuvent perturber les animaux. Les tensions impulsionnelles retrouvées dans les bâtiments sont bien entendu très atténuées par rapport à la tension d'origine, du fait de l'impédance du défaut et du circuit de retour, mais elles sont souvent non négligeables, voire importantes.

4/ des tensions en courant continu, générées par un phénomène de couplage électrochimique dans les sols, d'origine totalement inhérente à l'exploitation : il s'agit d'un « effet de pile » créé par la présence, dans un sol humide, de produits constituant un électrolyte (lisier, nitrates...) et de métaux différents. Ce phénomène est présent dans la plupart des exploitations d'élevage et peut générer des tensions de l'ordre de 1 à 2 volts.

TENSIONS « DE PAS » ET « DE CONTACT ».

La tension « de pas » est la tension susceptible d'apparaître au sol entre les pattes antérieures et les pattes postérieures d'un animal.

La tension « de contact » est la tension susceptible d'apparaître soit entre un élément conducteur accessible aux animaux (cornadis, abreuvoir, machine de traite...) et le sol à proximité, soit entre deux éléments conducteurs simultanément accessibles aux animaux (par exemple les contentions avant et arrière d'une machine à traire).

SEUILS DE PERCEPTION ET DE NOCIVITE.

Le seuil de perception électrique reconnu pour un bovin correspond à la circulation d'un courant de 1 milliampère environ dans le corps de l'animal. Donc la tension susceptible de générer ce courant est de 0,5 Volt (500 millivolts) puisque l'impédance interne de l'animal est d'environ 500 ohms. Le seuil de nocivité est lui bien plus élevé, il est estimé au-delà de 6milliampères, soit >3volts.

PROCEDURES DE REALISATION DES MESURES DE TENSIONS « DE PAS » ET TENSIONS « DE CONTACT ».

Il est établi que c'est au passage du courant dans le corps que les êtres vivants sont sensibles, mais ce passage de courant et sa quantité (intensité) sont dépendants de l'impédance interne du corps et de la tension à laquelle il est soumis.

Les mesures de tension sont d'un abord plus direct et de réalisation plus aisée que les mesures de courant. C'est pourquoi nous privilégions la réalisation, dans un premier temps, de mesures de tensions de pas et de contact. Dans un second temps, les tensions significatives peuvent être confirmées par des mesures en courant.

Matériel.

Il est nécessaire de disposer :

- Du matériel habituel pour les mesures électriques : cordons, pointes de touche ou pinces « crocodiles » robustes, permettant de s'affranchir d'éventuels défauts de contact par l'oxydation ou l'encrassement.
- Pour les prises de tensions alternatives et impulsionnelles au sol : des électrodes en métal (inox, cuivre, aluminium...peuvent être utilisées, peu importe le métal, l'essentiel est que le contact au sol soit bien assuré).
- Pour les prises de tension en courant continu en milieu ionique (terre, béton, eau...) : des électrodes spécifiques non polarisables CU/CU SO4 sont nécessaires.

Appareils de mesures.

- Pour les mesures de tension en courant alternatif 50 Hz et en courant continu : il faut utiliser un millivoltmètre présentant une forte impédance d'entrée, équipé de calibres de mesures distinctes en courant alternatif 50 Hz et en courant continu.
- Pour les mesures de courant alternatif 50 Hz : il faut utiliser un milliampèremètre.
- Pour les mesures de tensions impulsionnelles ou supérieures à 50 Hz : il faut utiliser un oscilloscope.

Points de mesures.

- Points de mesures au sol : les électrodes sont disposées sur sol humide ou mouillé.
- Tension de pas : la mesure est effectuée entre deux électrodes disposées au sol, à une distance égale à l'écart entre les pattes antérieures et postérieures des animaux présents.

-Tension de contact : la mesure est effectuée, soit entre l'élément conducteur au contact des animaux et une électrode disposée au sol à proximité (environ entre les pattes antérieures et postérieures), soit entre deux éléments conducteurs simultanément accessibles aux animaux.

Nota 1 : les mesures sont réalisées à différents endroits des bâtiments, là où les animaux sont présents (équipements de traite, cornadis, logettes, abreuvoirs...), il est donc nécessaire de bien repérer les endroits où sont réalisées les mesures pour pouvoir les localiser à la lecture du rapport, et si nécessaire, les reproduire.

Nota 2 : les mesures sont réalisées avec un appareil de forte impédance interne, cela permet de mesurer la tension réellement présente sans interférence dans la mesure. Si l'on veut mesurer la tension (théoriquement) ressentie par l'animal, il faut inclure, en parallèle de la mesure, une impédance de 500 ohms, ce qui présente l'inconvénient de diminuer la tension réellement présente.

Nota 3 : il s'agit de mesures ponctuelles, à un instant donné, qui ne prennent pas en compte l'évolution des tensions dans le temps, si cela était nécessaire, un enregistreur de tension devrait être utilisé.

INTERPRETATION DES MESURES ET SEUILS DE VALEURS REMARQUABLES.

Courant alternatif sous fréquence de 50Hz et plus :

- $\geq 100\text{mV}$: tension non perçue par les bovins, mais néanmoins significative. Peut faire l'objet d'une mesure complémentaire en courant au travers d'une impédance de 500 ohms, et doit faire l'objet d'une mesure complémentaire après mise hors tension de l'installation électrique du bâtiment pour déterminer si la tension est d'origine interne ou externe.

- 300 à 500 mV et plus : tension excessive, doit faire l'objet des dispositions ci-dessus et de préconisations de travaux.

Tensions impulsionnelles :

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude spécifique relative aux effets sur les animaux, de tensions impulsionnelles de faible niveau : de manière empirique on peut estimer que des tensions de l'ordre du volt ne semblent pas avoir d'effets notables, par contre, des tensions de plusieurs volts peuvent provoquer une modification du comportement (agitation ou refus d'entrée en salle de traite...).

Courant continu :

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude spécifique relative aux seuils de perception et de nocivité du courant continu sur les animaux. Les études ayant déterminé les seuils évoqués ci-dessus ont été réalisées en courant alternatif 50 Hz. On peut bien entendu prendre les mêmes valeurs en références, mais les effets physiopathologiques des deux courants sont très différents, le contact avec le courant continu étant moins dangereux et ne provoque pas les mêmes réactions que le courant alternatif. Pour estimer des valeurs de seuils, sous réserve de valeurs différentes établies par une étude spécifique, on peut émettre une hypothèse basée sur les seuils reconnus de danger (risque d'électrocution) des deux courants pour l'homme, soit 50 Volts en courant alternatif 50 Hz et 120 Volts en courant continu (soit un rapport de 2,4).

Ce qui conduirait à estimer, pour les bovins, les seuils de perception et de nocivité en courant continu plus élevés qu'en courant alternatif.

Cas particulier des mesures en courant continu :

L'emploi d'électrodes non polarisables (Cu/CuSO₄) est impératif pour les prises de contact en milieu ionique (terre, béton, eau...), par contre celles-ci ne sont pas adaptées pour le contact direct avec un métal : par exemple, pour une mesure de tension continue entre un élément métallique et le sol, il faut utiliser une pointe de touche ou une pince pour le contact avec le métal et une électrode Cu/CuSO₄ pour le contact avec le sol. Mais dans ce cas l'emploi d'une seule électrode Cu/CuSO₄ entraîne un écart de mesure par excès de 300 mV environ.

Les informations contenues dans cette publication ont été obtenues dans le cadre d'un projet initié et financé par le CNIEL, mené conjointement avec les chambres d'agriculture des Hauts de France et de Loire Atlantique, du CLASEL (groupe Seenergi), du CROCIT Bretagne, du GDS Bretagne et de l'Institut de l'Élevage.

Le présent document est protégé par le droit d'auteur. Ainsi, toute reproduction intégrale ou partielle faite, par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'ensemble des partenaires du projet, co-auteurs du document, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

